

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mario Popijač

Zagreb, rujan 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Doc. dr. sc. Goran Krajačić

Student:

Mario Popijač

Zagreb, rujan 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem **doc. dr. sc. Goranu Krajačiću** na stručnoj i nesebičnoj pomoći prilikom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem **mag.ing. Tomislavu Novoselu** na pomoći, posebno u pogledu mapiranja površina u okviru projekata STRATEGO i 4DH.

Mario Popijač



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarški i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Mario Popijač

Mat. br.: 0035192548

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Energetsko planiranje održivih kvartova u pametnim gradovima**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Energy planning of sustainable districts in the smart cities**

Opis zadatka:

Energetska učinkovitost je važan čimbenik u postizanju održivog razvoja gradova. Sadašnje zgrade i drugi objekti u urbanim sredinama troše znatno više energije nego što je to potrebno te s jedne strane postoji veliki potencijal ušteda energije, a s druge strane raspoloživ potencijal obnovljivih izvora energije se ne koristi dovoljno. Regionalna energetska agencija Sjeverozapadne Hrvatske i Grad Zagreb žele provesti obnovu bloka zgrada u gradskoj četvrti Novi Zagreb, uz primjenu najmodernijih rješenja za korištenje lokalno dostupnih obnovljivih izvora energije. Prema dostupnim podacima o potrošnji energije za pojedine zgrade ili blokove zgrada te prema poznatoj namjeni i veličini površina te volumena objekata, potrebno je analizirati idejna rješenja za obnovu zgrada uz maksimizaciju korištenja obnovljivih izvora energije.

Za odabrani blok zgrada u radu je potrebno sljedeće:

- analizirati godišnju potrošnju električne energije, toplinske energije za grijanje i hlađenje te potrošnju toplu vodu, kao i potrošnju plina, loživog ulja i drugih energenata,
- prema dostupnim meteorološkim podacima napraviti satnu distribucijsku krivulju potrošnje energije i energenata te potencijalne lokalne proizvodnje energije za jednu kalendarsku godinu,
- analizirati potrošnju energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti te odrediti potreban instalirani kapacitet opreme za korištenje obnovljivih izvora energije, kao i kapacitet skladišta toplinske i električne energije ukoliko bi se sve potrebe za energijom zadovolje vlastitim izvorima,
- proračunati slučaj gdje se sve potrebe za toplinskom energijom zadovoljavaju iz centraliziranog toplinskog sustava grada Zagreba uz pretpostavljenu cijenu toplinske energije od 40 EUR/MWh, proizvedena električna energija u kvartu se predaje u mrežu po tržišnim cijenama.

Potrebni podaci i literatura se mogu dobiti kod mentora. U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

25. travnja 2016.

Rok predaje rada:

2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.

3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:

2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.

3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Doc. dr. sc. Goran Krajačić

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	III
POPIS DIJAGRAMA.....	IV
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VIII
ABSTRACT	IX
1. UVOD	1
1.1 Opis područja energetskeg planiranja	1
1.1.1 Sektor 1	2
1.1.2 Sektor 2	3
1.1.3 Sektor 3	5
2. METODE I PODACI	7
2.1 Metoda analize potrošnje energije.....	7
2.1.2 Proračun trenutne godišnje potrošnje toplinske i električne energije i energenata.....	9
2.1.3 Metoda analize podsektora M1 i M2	11
2.2 Proračun potrošnje i proizvodnje energije za potrošnu toplu vodu, PTV	12
2.2.1 Metode trenutne potrošnje PTV-e	12
2.2.2 Metoda zagrijavanja PTV-e solarnim kolektorima	12
2.3 Referentni inventar emisija CO ₂	12
2.4. Metoda i podaci analize potencijala energije vjetra	13
2.5 Metoda i podaci analize potencijala geotermalne energije.....	14
2.5.1 Geotermalno polje Zagreb	14
2.5.2 Faktor grijanja geotermalne dizalice topline	15
2.5.3 Princip rada	16
2.6 Metoda i podaci analize potencijala solarne energije	17
2.6.1 Procjena proizvodnje električne energije.....	17
2.6.2 Utjecaj sjene	17
2.6.3 Solarni kolektori	18
3. SATNE DISTRIBUCIJSKE KRIVULJE.....	18
3.1 Krivulje trenutne potrošnje toplinske i električne energije.....	19
3.2 Krivulje energije vjetra.....	20
3.3 Satne distribucijske krivulje proizvodnje topline geotermalnom energijom	21
3.4 Krivulja analize proizvodnje električne i toplinske energije solarnim energijom	22
3.4.1 Proizvodnja električne energije solarnim energijom	22

3.4.2 <i>Proizvodnja toplinske energije solarnom energijom</i>	23
3.5 Stupanj dan (°C dan), SD	23
4. METODA ANALIZE POTROŠNJE NAKON PRIMJENE MJERA	24
4.1 EnergyPLAN Version 12.3	24
4.2 Scenarij 2.....	26
4.2.1 <i>Energetska obnova sektora</i>	26
4.2.2 <i>Sektori</i>	26
4.3 Metoda izračuna prodaje električne energije u mrežu.....	27
5. REZULTATI GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE	28
5.1 Rezultati godišnje potrošnje energije podsektora M1	29
5.2 Rezultati godišnje potrošnje energije podsektora M2	31
5.3 Rezultati analize električne energije podsektora M1 i M2.....	32
5.4 Usporedba godišnje potrošnje električne energije svih sektora i potrošnja sektora K1	33
5.5 Rezultati izračuna potrošne tople vode, PTV	33
5.6 Rezultati izračuna referentnog inventara emisije CO ₂	34
6. PRIKAZ SATNIH DISTRIBUCIJSKIH KRIVULJA	35
6.1 Satne distribucijske krivulje godišnje potrošnje toplinske energije	35
6.2 Satne distribucijske krivulje energije vjetra	36
6.3 Satne distribucijske krivulje geotermalne energije.....	38
6.4 Satne distribucijske krivulje solarne energije.....	40
6.4.1 <i>Satne distribucijske krivulje proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava</i>	40
6.4.2 <i>Satna distribucijska krivulja proizvodnje toplinske energije</i>	41
Dijagram 26 prikazuje moguću satnu godišnju proizvodnju toplinske energije iz solarnih kolektora po metru kvadratnom na ravnoj površini.....	41
7. REZULTATI PRORAČUNA SCENARIJA	42
7.1 Scenarij 1.....	42
7.2 Scenarij 2.....	43
7.2.1 <i>Proizvodnja i skladištenje energije, instalirani kapacitet opreme</i>	44
7.4 Scenarij 3.....	45
8. ZAKLJUČAK	46
9. LITERATURA.....	47

POPIS SLIKA

Slika 1. Namjena objekta po sektorima

Slika 2. 3D model objekata Hipodroma

Slika 3. 3D model objekta

Slika 4. Nadstrešnica sa solarnim panelima

Slika 5. Namjena objekata

Slika 6. Prikaz vrste objekta podsektora M2, (lijevo legenda: bijelo- kuće, ljubičasto-nove zgrade, plavo-stare zgrade; desno legenda: bijelo-1 kat, crveno-2 kata, plavo-3 kata, ljubičasto-4 kata, zeleno 5 katova, narančasto-6 katova)[9]

Slika 7. Vrelovod DN 300 Zagrebački Velesajam

Slika 8. Lijevo - katnost objekta(legenda: bijelo-1 kat, crveno-2 kata, plavo-3 kata, ljubičasto-4 kata, zeleno 5-katova, narančasto-6 katova); Desno-tip objekta (legenda: bijelo- kuće, ljubičasto-nove zgrade, plavo-stare zgrade)

Slika 9. Načelna shema solarnog sustava za zagrijavanje PTV za obiteljsku kuću(lijevo), za veće objekte(desno), 1) kolektori, 2) solarni bojler, 3) akumulacijski bojler, 4) solarne pumpe, 5) ventili, 6) ekspanzijska posuda solarnog kruga, 7) solarni lončić, 8) ventil za PTV, 9) kotao

Slika 10. Geotermalno polje Zagreb[33]

Slika 11. Monovalentni način rada[21]

Slika 12. Prikaz dobivene i potrebe energije[28]

Slika 13. Model[34]

Slika 14. Dnevna krivulja cijena električne energije

Slika 15. Prosječni udio energenata(%) u kućanstvima u Zagrebu[2]

POPIS TABLICA

Tablica 1. Energetsko planiranje prema namjeni objekata

Tablica 2. Površina zemljišta vrste R1, športko-rekreacijske namjene

Tablica 3. Površina zemljišta vrste K1, gospodarske namjene

Tablica 4. Specifična potrošnja objekata namjene M1, M2[2]

Tablica 5. Specifična potrošnja INA-e d.d ,(objekt namjene K1) [2]

Tablica 6. Specifična potrošnja Hipodroma,(objekt namjene R1)[2]

Tablica 7. Specifična potrošnja električne energija prema vrsti objekta(kWh/m²)

Tablica 8. Godišnja potrošnja energije u zgradama članica Zagrebačkog holdinga i INA-e d.d

Tablica 9. Emisijski koeficijenti[2]

Tablica 10. Podaci odabranih vjetroelektrana

Tablica 11. Sezonski faktor grijanja i prosječni toplinski učin prema toplinskom izvoru[21]

Tablica 12. Tablica temperatura[10]

Tablica 13. Broj kuća i stanova

Tablica 14. Ukupna i korisna površina prema tipu objekta

Tablica 15. Prosječni udio energenata(%) u stambenim objektima

Tablica 16. Podaci godišnje potrošnje toplinske energije po energentu

Tablica 17. Broj stanova

Tablica 18. Podaci godišnje potrošnje toplinske energije po energentu, MWh/a

Tablica 19. Potrošnja električne energije u podsektoru M1, MWh/a

Tablica 20. Potrošnja električne energije u podsektoru M2, MWh/a

Tablica 21. Potrošnja toplinske i električne energije u sektoru R1, MWh/a

Tablica 22. Podaci iz EnergyPLAN-a, Scenarij1

Tablica 23. Potrošnja energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti, MWh/a

Tablica 24. Trošak toplinske energije po zadanoj cijeni, €

POPIS DIJAGRAMA

Dijagram 1. Promjena brzine vjetra visinom[16]

Dijagram 2. Potrošnja energenata

Dijagram 3. Potrošnja energenata

Dijagram 4. Usporedba potrošnje električne energije

Dijagram 5. Usporedba godišnje potrošnje električne energije svih sektora

Dijagram 6. Usporedba godišnje potrošnje toplinske energije svih sektora

Dijagram 7. Godišnja potrošnja PTV-a prema tipu objekta u sektoru M1

Dijagram 8. PTV po tipu objekta u sektoru M2

Dijagram 9. Emisije CO₂ prema izvorima energije u svim sektorima

Dijagram 10. Krivulja potrošnje toplinske i električne energije za grijanje i hlađenje (plava), PTV(crvena), M1

Dijagram 11. Krivulja potrošnje toplinske i električne energije za grijanje i hlađenje (tamna), PTV(svjetla), M2

Dijagram 12. Krivulja potrošnje toplinske i električne energije za grijanje i hlađenje (tamna), PTV(svjetla), K1+R1

Dijagram 13. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine a)

Dijagram 14. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine a)

Dijagram 15. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine b)

Dijagram 16. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine b)

Dijagram 17. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine c)

Dijagram 18. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine c)

Dijagram 19. Ukupna satna proizvodnja topline dizalicom topline voda-voda za sektor M1

Dijagram 20. Ukupna satna proizvodnja topline dizalicom topline voda-voda za sektor M2

Dijagram 21. Ukupna satna proizvodnja toplinskom pumpom, K1+R1

Dijagram 22. Satna ozračenost ravne površine za referentnu godinu, W/m²[10]

Dijagram 23. Ukupna ozračenost ravne površine u mjesecu, kWh/m²[22]

Dijagram 24. Satna proizvodnja električne energije na ravnoj površini u godini, W/m²

Dijagram 25. Mjesečna proizvodnja električne energije na površini 30°, W/m²

Dijagram 26. Satna proizvodnja toplinske energije na ravnoj površini u godini, kW/m²

Dijagram 27. Prikaz vrsta sustava izvora toplinske energije za sustav grijanja i PTV, %

POPIS OZNAKA

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	NAZIV
$Q_{\text{god,topl}}$	kWh/a	godišnja potrošnja toplinske energije
$q_{\text{spec,i}}$	kWh/a·m ²	specifična godišnja potrošnja toplinske energije
S_{korisna}	m ²	korisna površina prostora
S_{prava}	m ²	prava površina prostora
k	-	koeficijent površine prostora
$Q_{\text{god,elektr}}$	kWh/a	godišnja potrošnja električne energije
$q_{\text{spec,elektr}}$	kWh/a·m ²	specifična godišnja potrošnja električne energije
SD	-	stupanj dan
$n_{\text{dana,mj}}$	-	broj dana
T_i	°C	prosječna unutarnja temperatura
T_a	°C	prosječna dnevna vanjska temperatura
$\epsilon_{\text{DT,sez}}$	-	sezonski faktor grijanja
Q_{dov}	kWh/a	dovedena toplinska energija
E_{pog}	J	energija pogona dizalice topline
M_{CO_2}	kt	referentni inventar emisija CO ₂
C	kt/J	koeficijent emisije CO ₂
$E_{\text{g,i}}$	J	ukupna potrošnja energije energenata
DD	°C	stupanj sat
T_p	°C	unutrašnja temperatura prostorije
T_v	°C	satna vanjska temperatura
STP	MWh	satno toplinsko opterećenje
THP	MWh/a	ukupna proizvodnja toplinske energije
v	m/s	brzina koja se traži
v_r	m/s	brzina na 10 m

z	m	visina na kojoj se računa brzina vjetra
z_r	m	referentna visina od 10m
α	-	koeficijent hrapavosti površine

SAŽETAK

U ovom radu provedeno je energetska planiranje gradske četvrti Kajzerica s naglaskom na obnovljive izvore energije te je također provedena analiza o mogućnosti opskrbljivanja cijelog kvarta toplinskom energijom. Provedene analize uključuju mogućnost opskrbljivanja područja toplinskom i električnom energijom.

U radu je napravljeno četiri scenarija potrošnje i proizvodnje energije. Da bi se omogućio kvalitetan pristup energetska planiranju mogućih scenarija, potrebna je priprema podataka koji opisuju trenutno stanje energetska sustava cijelog područja. Razvijeni su scenariji kako bi se pratile projekcije potrošnje energije uz primjenu instaliranja opreme za iskorištavanje obnovljivih izvora energije te ispitivanja slučaja kada se cijelo analizirano područje prebacuje na centralizirani toplinski sustav grijanja. Također, izvršena je i usporedba rezultata te analiza emisija CO₂ pri različitim scenarijima.

Ključne riječi: energetska planiranje, centralizirani toplinski sustavi, individualni toplinski sustavi, EnergyPLAN, obnovljivi izvori energije, emisije CO₂, proizvodnja energije, potrošnja energije, tehnologija obnovljivih izvora energije

ABSTRACT

This paper deals with energy planning for Kajzerica, neighborhood of Zagreb. The energy plan is primarily focused on renewable energy and the paper also offers an analysis of the possibility of supplying the entire neighborhood with heat and electrical energy from renewable energy sources.

The paper consists of four different scenarios in which production and consumption of energy have been calculated. To enable us to approach energy planning of the possible scenarios thoroughly and successfully, it is necessary to collect and analyze the data describing the current condition of the energy system for the entire area. The scenarios are developed in this paper have been used to monitor the estimated energy consumption resulting from installing renewable energy systems being either applied or not applied. Moreover, the paper includes the comparison of the results and the analysis of the CO₂ emission in these different scenarios.

Keywords: energy planning, district heating systems, individual heating systems, EnergyPLAN, renewable energy sources, CO₂ emissions, energy production, energy consumption, renewable energy systems

1. UVOD

1.1 Opis područja energetskeg planiranja

Područje energetskeg planiranja je gradska četvrt Kajzerica smještena u Novom Zagrebu uz rijeku Savu. Područje se sastoji od više zona koje možemo svrstati u nekoliko kategorija prema namjeni objekata. Kategorije prema namjeni objekata su: športsko rekreacijska kategorija (R1), gospodarska kategorija (K1), javni prostor (D), stambena kategorija (M1), poslovna kategorija (M2) te njihova kombinacija mješovite namjene (M). Granice područja energetskeg planiranja su: rijeka Sava, Avenija V. Holjevca, Avenija Dubrovnik, Jadranski most. U tablici je prikazana raspodjela dijelova gradske četvrti po sektorima i prema namjeni objekata.

Tablica 1. Energetsko planiranje prema namjeni objekata

PREMA NAMJENI	DIO GRADSKE ČETVRTI	SEKTOR
R1- športsko rekreacijska	Hipodrom	1
K1- gospodarska	Velesajam, Ina, nova škola	2
M(M1,M2)- poslovno/stambena	naselje Kajzerica	3

Područje energetskeg planiranja obuhvaća više kategorija određene prema namjeni objekata što zahtjeva različiti pristup analizi godišnje potrošnje električne energije te toplinske energije za grijanje i hlađenje kao i potrošnju potrošne tople vode te energenata (plina, loživog ulja i drugih). Pristup analizi godišnjih potrošnja također zahtjeva i različite ulazne podatke za proračun iz razloga što svaki tip objekta, stambeni, poslovni, gospodarski, športsko-rekreacijski, ima različitu instaliranu vrstu grijanja i hlađenja te razvod električne mreže. Također, moramo uzeti u obzir i potrošnju PTV-a prema vrsti objekta.

Broj stanovnika prema popisu stanovništva 2011., prema podacima „Službene stranice Grada Zagreba,, je iznosio 4 387[4]. U ovom završnom radu su korišteni navedeni podaci. Prije analize godišnje potrošnje ukupne električne i toplinske energije, određeni su zasebno podaci za svaki sektor.



Slika 1. Namjena objekta po sektorima[1]

Ukupna površina zemljišta analiziranog područja, $P_{uk} = 285,75$ ha, dijeli se na više površina. Gornja slika je prikazuje kartu cijele gradske četvrti koja je podijeljena na sektore. Sektor 1 namjene R1 je površina obojena u zeleno, sektor 2 namjene K1 je površina obojena u ljubičasto, sektor 3 namjene M1 i M2 je površina obojena u narančasto. Te tri glavne površine zemljišta se sastoje od više manjih površina unutar sektora. Važnost podataka o površinama zemljišta jest mogućnost lokalnih instalacija koja koriste obnovljive izvore energije. Vrste površina na ili u koje se uređaji pogonjeni obnovljivim izvorima energije instaliraju mogu biti: površina tla, površina ispod tla manjih ili većih dubina i širina, krovovi kuća, stambenih zgrada ili gospodarskih objekata pod određenim kutovima te površina u zraku (vjetroelektrane) ispod koje se nalazi određena hrapavost podloge.

1.1.1 Sektor 1

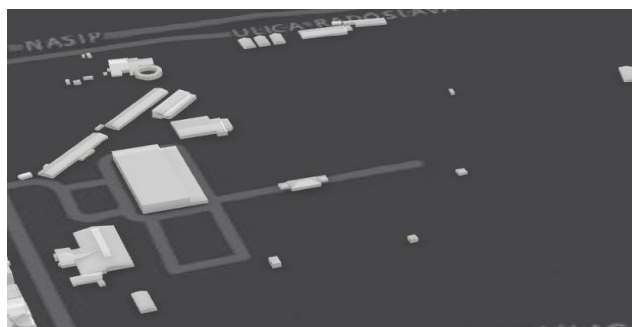
Sektor 1 obuhvaća površinu R1, športsko-rekreacijske namijene u koju spada Hipodrom te dio Zagrebačkog Velesajma koji je namijenjen za šport i rekreaciju na kojem je igralište i jedan objekt.

Tablica 2. Površina zemljišta vrste R1, šporstko-rekreacijske namjene[1]

	Hipodrom	dio Zagrebačkog Velesajma
površina zemljišta, P (m^2)	451 505	102 800

Dio površine R1 koja obuhvaća prostor Hipodrom je travnata galopska staza dužine 1600 m širine 20 m, pješčana staza za trening dužine 1550 m širine 6 m, šljunčana kasačka staza dužine 1000 m širine od 16 do 20 m, tri parkura za preskakanje prepona – travnati parkur dimenzija 120x150 m, dva pješčana parkura dimenzija 100 x 120 metara i 100 x 80 metara, hala za jahanje dimenzija 60 x 26 metara. Većina objekata stariji su od 50 godina s izuzetkom hale i staje koja je izgrađena 1989. godine[4]. U tablici 2 je naveden podatak ukupne površine zemljišta Hipodroma i dijela Zagrebačkog Velesajma.

Na površini R1 se ne nalaze stambeni i poslovni objekti te je većina površine neizgrađenog tipa što omogućava instalaciju toplinskih pumpi za iskorištavanje potencijala podzemnih voda viših temperatura koja se nalaze na dubinama do 1 kilometar. Slika 2 je prikaz 3D modela svih objekata koji se nalaze na površini Hipodroma. Pomoću te slike se može s većom preciznošću potvrditi broj objekata, njihova orijentacija prema Suncu kao i njihov oblik i raspored na zemljištu.



Slika 2. 3D model objekata Hipodroma[1]

1.1.2 Sektor 2

Površina gospodarske namjene, K1, se prostire dijelom gradske četvrti gdje je smješten Zagrebački Velesajam, upravna zgrada INA d.d. te novo izgrađena škola prema niskoenergetskim standardima te je podatak površine zemljišta naveden u donjoj tablici.

Tablica 3. Površina zemljišta namjene K1, gospodarske namjene[1]

	Zagrebački Velesajam	INA d.d.	IV. Gimnazija, srednja škola
površina zemljišta, m ²	423 860	26 200	64 221

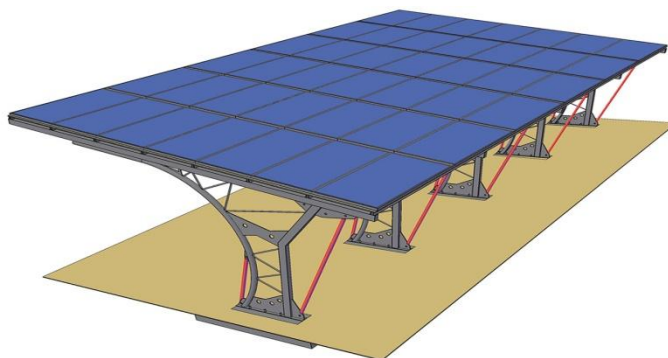
INA-Industrija nafte, d.d. (INA, d.d.) je srednje velika europska naftna kompanija. Upravna zgrada INA-ine kompanije prema podacima GeoPortala, gospodarske je namjene te broj zaposlenih iznosi oko tisuću. Upravna zgrada je oblika geometrijskog tijela kocke te joj je

svaka stranica orijentirana prema jednoj glavnoj strani svijeta. Što znači da je objekt u svako doba dana izložen Suncu. Međutim, površina krova zgrade ne prekriva cijelu gornju stranicu geometrijskog tijela kocke. Krov je ravne površine, pod kutom, što se može vidjeti na slici 3, što znači da postoji mogućnost instaliranja solarnih panela. Slika 3 prikazuje i zasjenjenje u doba dana kada je insloacija Sunca najveća. Vidimo da je dio parkinga iza zgrade u sjeni.



Slika 3. 3D model objekta

Parking u sklopu zgrade INA je površine oko 2100 m², ali dio parkinga je zasjenjen kada je sunčeva insolacija najveća, što znači da iskoristivost površine nije maksimalna. Unatoč tomu, parking je iskoristiva površina za korištenje potencijala obnovljivih izvora energije.

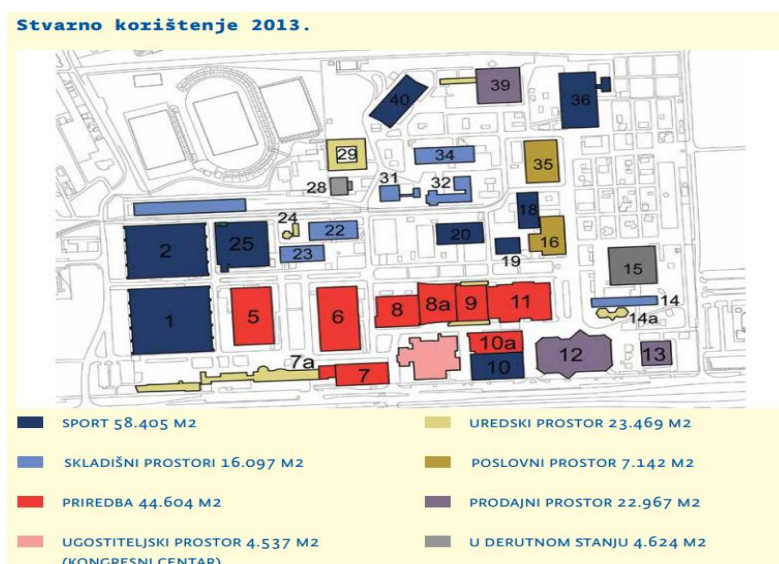


Slika 4. Nadstrešnica sa solarnim panelima[6]

Prostor iza INA-e d.d. čini zemljište površine između 10 do 15 000 m² neizgrađenog tipa. S pretpostavkom da je omogućeno koristiti taj prostor u projektu za energetske planiranje održivih kvartova, dobiva se veliki potencijal instaliranja postrojenja za iskorištavanje obnovljivih izvora energija različitog tipa.

Zagrebački Velesajam je naziv za tvrtku koja organizira gospodarske izložbe ili sajamske priredbe. Podjela objekta prema tipu unutarnjeg prostora objekta je slijedeća: zatvoreni i

otvoreni skladišni prostori, sportske dvorane grijane u zimskim mjesecima, uredski prostori, prodajni prostori za stalne maloprodaje, ugostiteljski prostori i reklamni prostori. Zbog velike raznolikosti namjene prostora, Zagrebački Velesajam je prema GeoPortalu spada pod kategoriju K1, gospodarske namjene.



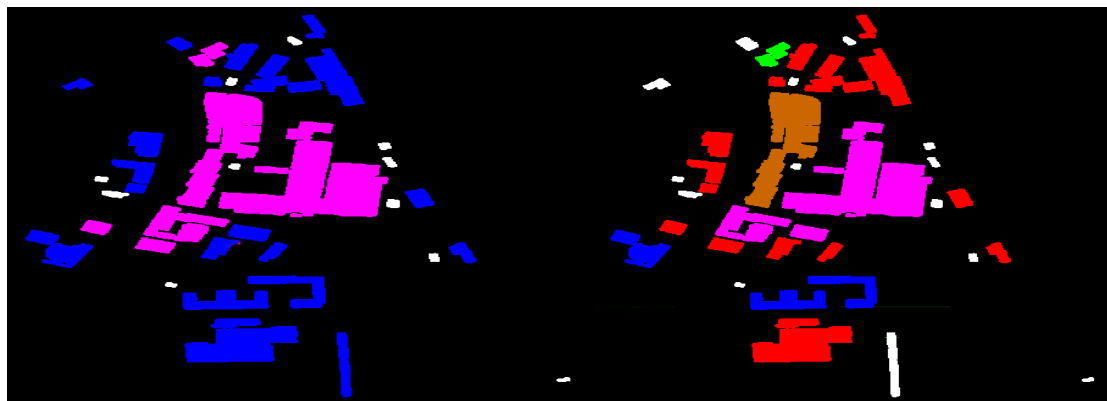
Slika 5. Namjena objekata[7]

Svaki krov pojedinog objekta je različitog oblika, konstrukcije i vrste materijala što dodatno otežava mogućnost procjene kapaciteta iskoristivosti solarne energije. U ukupnoj površini stalno grijani prostori imaju udio od oko 30 %, objekti koje nemaju mogućnost grijanja imaju udio oko 25 %, dok ostatak prostora koji se povremeno grije ima udio oko 45 %. Prikaz namjene objekta i ukupna površina prema namjeni je prikazan na slici 5.

Osim Zagrebačkog Velesajma na ovoj lokaciji nalazi još jedna zgrada Zagrebačkog holdinga d.o.o. Iako se Zrinjevac nalazi u području M, stambeno-poslovne namjene, njegova potrošnja i potencijal za instaliranje opreme za obnovljive izvore energije se analiziraju zajedno sa Zagrebačkim Velesajmom, članicom Holdinga. Ideja za slobodne površine Zrinjevca koja bi se počela osmatrati u budućnosti je izgradnja elektrane-kogeneracije na biomasu koja bi bila temelj centraliziranog sustava ove gradske četvrti.

1.1.3 Sektor 3

Naselje Kajzerica bilo je jedno od prvih prekosavskih zagrebačkih naselja. Prostor Kajzerice je prvo bio prostor namijenjen za izgradnju Zagrebačkog Velesajma, zbog čega je bio izuzet iz projekata planirane kolektivne stambene izgradnje. Prosječna kvadratura stanova početkom 1990.-ih iznosila je 40-tak m².



Slika 6. Prikaz vrste objekta podsektora M2, (lijevo legenda: bijelo- kuće, ljubičasto-nove zgrade, plavo-stare zgrade; desno legenda: bijelo-1 kat, crveno-2 kata, plavo-3 kata, ljubičasto-4 kata, zeleno 5 katova, narančasto-6 katova)[9]

Prema podacima dobivenih iz PowerLab-a, ovo područje možemo podijeliti na dva podsektora: 1) M1 (dio gdje prevladavaju kuće), 2) M2 (dio gdje prevladavaju stambene i poslovne zgrade). Slika 6 prikazuje dvije karte koje su korištene pri izračunu površine objekata podsektora M2. Lijeva karta prikazuje vrstu objekta, desna prikazuje katnost objekta.

Prostor prvog dijela Kajzerice nije tip slobodne površine nego je tip gusto izgrađenog naselja što zahtjeva orijentaciju prema instaliranju opreme za korištenje obnovljivih izvora energije u većoj mjeri za kućanstva, u manjoj mjeri za zgrade (miješano stambene i poslovne). Uzete su prosječne kvadrature kuća prema katovima. Također, u analizi i energetske planiranju je uzet podatak prosječne kvadrature stana u Zagrebu.

U drugom dijelu naselja Kajzerice su izgrađene zgrade koje su stambene ili poslovne namjene. Površina drugog dijela Kajzerice iznosi oko 200 500 m². Tu je također instaliranje opreme za iskorištavanje obnovljivih izvora energije orijentirano prema površinama objekata. Obnovljivi izvori energije koji se mogu iskorištavati u naselju velike gustoće izgrađenosti kuća i zgrada jest sunčeva energija. Također, postoji mogućnost instaliranja solarnih kolektora te mogućnost skladištenja toplinske i električne energije ukoliko se sve potrebe za energijom zadovolje.

2. METODE I PODACI

2.1 Metoda analize potrošnje energije

Energetskom planiranju održivih kvartova u pametnim gradovima prethodi analiza potrošnje električne i toplinske energije za sustave grijanja i hlađenja objekata te potrošnja PTV-e u periodu jedne godine. Prije same analize je potrebno raspolagati podacima koji su nužno potrebni za njenu pripremu i točnost. Analizi potrošnje energije se može pristupiti iz više smjerova, što samu analizu može postaviti kao sam cilj rada. Najtočniji pristup analizi potrošnje bio bi proračun godišnje potrošnje i godišnjih gubitaka topline za pojedini kuću, stan ili poslovni prostor te hale određene namjene, prema određenim normama poput HRN EN 12831 i HRN EN ISO 13790.

Međutim, ideja ovoga rada nije zamišljena kao analiza trenutne potrošnje pojedinog objekta već kao analiza potrošnje energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti, stoga je pristup analizi trenutne potrošnje pojednostavljen i prilagođen prema dostupnim podacima.

Prije proračuna analize, određene su granice dijelova područja koja se analiziraju zasebno. Orijentirajući se prema tome, definiran je slijedeći raspored površina, prikazan u tablici 1. Potrebni podaci za proračun godišnje analize, specifična potrošnja[1] i površina objekata[2], uvršteni su u Microsoft Excelu-u gdje su korišteni za proračun dobivanja godišnje potrošnje. Osim zgrada Zagrebačkog Holdinga(Zagrebački Velesajam[1], Zrinjevac[1]), za sve ostale objekte je bilo potrebno definirati specifičnu potrošnju i površinu.

Specifična potrošnja energije je definirana kombinacijom više kategorija: 1) prema vrsti namjene objekta, 2) prema vrsti potrošnje energije(električne ,toplinske), 3) prema vrsti potrošnje energenata koji se koriste za potrošnju energije. Mjerna jedinica svih specifičnih potrošnja je $\text{kWh/a}\cdot\text{m}^2$. Pri analizi godišnje potrošnje energije za grijanje, svaka kategorija objekata (M, K, R) ima vlastite podatke specifične potrošnje toplinske i električne energije kako je prikazano u tablicama 4, 5, 6, 7.

Tablica 4. Specifična potrošnja objekata namjene M1, M2[2]

energent	specifična potrošnja ($\text{kWh/a}\cdot\text{m}^2$)
CTS	208,65
prirodni plin	167,95
loživo ulje	167,95
drvo	167,95
električna energija	167,95

Tablica 5. Specifična potrošnja INA-e d.d, (objekt namjene K1)[2]

vrsta toplinskog sustava grijanja	specifična potrošnja (kWh/a·m ²)
CTS	65

Tablica 6. Specifična potrošnja Hipodroma,(objekt namjene R1)[2]

vrsta toplinskog sustava grijanja	specifična potrošnja (kWh/a·m ²)
CTS	254,44

Stambeni dio gradske četvrti Kajzerica, za razliku od većinskog dijela Novog Zagreba uključujući i Zagrebački Velesajam, INA-u i Hipodrom, nije spojen na vrelovodnu mrežu Jugo grada Zagreba kako je prikazano na slici 7. To znači da je u proračunu izostavljeno CTS grijanje objekata namjene M1 i M2 smještenih u stambenom dijelu gradske četvrti.

**Slika 7.** Vrelovod DN 300 Zagrebački Velesajam

Nužno je navesti da je cijela gradska četvrt spojena na gradsku električnu mrežu, a specifična potrošnja električne energije je različita za svaku skupinu objekata različite namjene. Za razliku od specifične potrošnje toplinske energije, specifična potrošnja električne energije kuće i stana je različita te sa različitim podacima računamo njihovu godišnju potrošnju.

Tablica 7. Specifična potrošnja električne energija prema vrsti objekta(kWh/a·m²)[2]

kuća(M1)	stan (M1, M2)	Hipodrom (R1)	INA d.d (K1)
46,62	60	115,62	60

Sportske hale Hipodroma za jahanje su objekti koji se analiziraju sa dosta velikim odstupanjima iz razloga što nema dostupnih točnih podataka koji se odnose na samo prostore za jahanje a ne općenito na sportske objekte. Hipodrom spada u kategoriju športsko-

rekreacijske namjene ali točni specifični podaci se nadaleko razlikuju od specifičnih podataka klasičnih sportskih objekata. Unatoč tomu, Hipodrom je analiziran sa dostupnim podacima.

str 46., cit:“*Podružnica Upravljanje sportskim objektima domaćin je gotovo svim sportskim događanjima koja se održavaju u Zagrebu, u njenom su sastavu različite sportske dvorane (Dom sportova, odbojkaški domovi, atletska borilišta), bazeni (Mladost, Utrine, Šalata), skijalište (Sljeme), smještajni kapaciteti (hoteli, apartmanske kuće) klizališta (Velesajam, Šalata), hale za jahanje (Hipodrom), športsko rekreacioni centri (atletske staze, teniski tereni). Pošto se unutar objekata članice odvija mnogo raznovrsnih specifičnih djelatnosti i potrošnja energenata pojedinačno u objektima različitih namjena značajno odstupaju.*“

- Akcijski plan energetske održivog razvitka grada Zagreba, 2010.

2.1.2 Proračun trenutne godišnje potrošnje toplinske i električne energije i energenata

Analiza godišnje potrošnje energije gradske četvrti Kajzerica je sustav pojedinačnih analiza svake cjeline četvrti definirane prema namjeni(M1,M2,K1,R1). Sveukupno obuhvaćene analize godišnje potrošnje energije: 1) stambeni dio Kajzerice(M1), 2) miješano-poslovni dio Kajzerice(M,M2), 3) Hipodrom (R1) te 4) objekti Zagrebačkog Holdinga + INA-e d.d (K1).

Prema dokumentu „Akcijski plan energetske održivog razvitka grada Zagreba,, iz 2013. g, za proračun godišnje potrošnje toplinske energije specifična potrošnja toplinske energije za sportske objekte iznosi 254,44 kWh/m²a te specifična potrošnja električne energije za sportske objekte iznosi 115,62 kWh/m²a.

Proračun je složen u Microsoft Office Excelu na način da je svaka analiza u posebnom Sheet-u, osim analize potrošnje objekata Zagrebački Velesajam i Zrinjevac čija analiza nije proračunata već su složeni gotovi podaci[3]. Gotovi podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 8. Godišnja potrošnja energije u zgradama članica Zagrebačkog holdinga i INA-e d.d

naziv članice	površina, m ²	toplinska energija, MWh/a	električna energija, MWh/a
Zagrebački Velesajam	192 070	12.406	9.330
Zrinjevac	12 934	4.389	885
INA-e d.d	9 002	540	1.304

Proračun za godišnju potrošnju toplinske energije za grijanje i hlađenje je složen na način da je godišnja potrošnja energije umnožak korisne površine objekata i specifične potrošnje određenog tipa energije.

$$Q_{god,topl} = q_{spec,i} \cdot S_{korisna}; \quad (1)$$

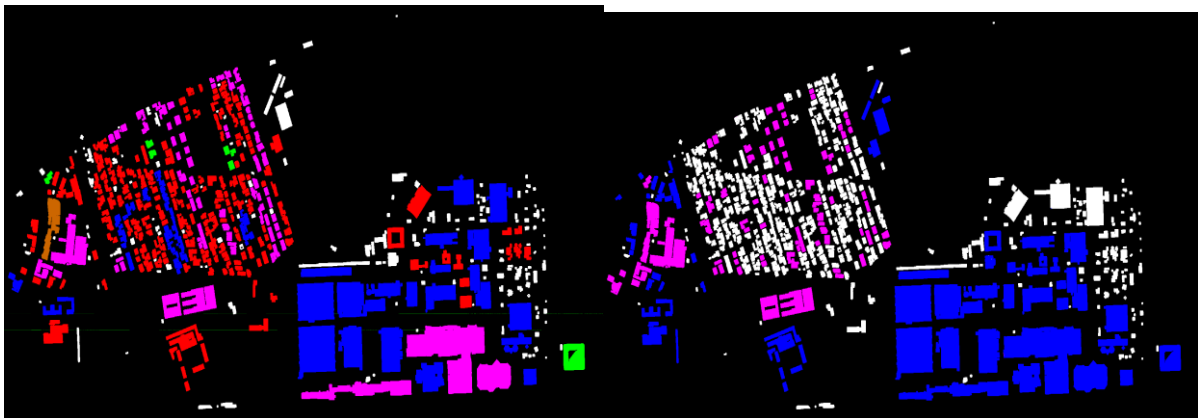
$$S_{korisna} = S_{prava} \cdot k; \quad (2)$$

Korisna površina jest površina koja se uzima kao grijana i hlađena površina prostora[3] i umnožak je površine prostora i koeficijenta[3], $k = 0,746$;

Definicija površine prostora jest suma površina svih katova tog objekta. Pošto se analiza potrošnje toplinske energije za grijanje i hlađenje odnosi na čitave blokove zgrada i ostale tipove objekata, potrebno je umnoške prilagoditi pojedinom kompleksu objekata smještenim prema namjeni u određenu cjelinu. Slično tomu, proračun godišnje potrošnje električne energije je složen na način da se iznos potrošnje umnožak korisne površine objekata i specifične potrošnje električne energije.

$$Q_{god,elektr} = q_{spec,elektr} \cdot S_{korisna}; \quad (3)$$

Ukupna površina svake cjeline su dobiveni podaci[9] izračunati pomoću programa MatLabSimulink. Za dobivanje tih podataka potreban je podatak o tipu objekta i njegovoj katnosti. Podaci dobiveni matičnim programiranjem u spomenutom programu su kategorizirani prema području u kojem se objekt nalazi te vrsti objekta. Za to su potrebne dvije karte tog područja gdje jedna prikazuje tip objekta, druga katnost koje su prikazane na slici 8. Dobiven podatak definira površinu kuća i zgrada te jednostavnu procjenu starosti u traženom području.



Slika 8. Lijevo - katnost objekta(legenda: bijelo-1 kat,crveno-2 kata, plavo-3 kata, ljubičasto-4 kata, zeleno 5-katova, narančasto-6 katova); Desno-tip objekta (legenda: bijelo- kuće, ljubičasto-nove zgrade, plavo-stare zgrade)

2.1.3 Metoda analize podsektora M1 i M2

Za potrebe analize energetske potrošnje sektor zgradarstva gradske četvrti Kajzerica je podijeljen na sljedeće podsektore:

- 1) M1 – stambeni [1];
- 2) M2 – poslovno/stambeni [1] ;

2.1.3.1 Podsektor M1

Zbog nemogućnosti pristupa složenijem proračunu, razlika starosti objekata je zanemarena te je specifična potrošnja, ovisno o vrsti objekta, pretpostavljena kao ista[2]. Podaci o toplinskoj potrošnji zgrada u sektoru M1 nisu bili dostupni pa je specifična toplinska potrošnja sektora određena prema prosjeku grada Zagreba za ovaj tip zgrada stambene namjene. Prema dostupnim podacima o površini kućanstava[3], u izračunavanju ukupnih površina objekata su uzete prosječne površine kuća i prosječne korisne površine kategorizirane prema katnosti. Osnovni podaci za dobivanje daljnjih podataka za analizu kuća su prosječna površina trokatnice(360m²) i njena korisna površina koja se dobiva množenjem površine sa koeficijentom iskoristivosti, k [3]. Osnovni podaci za dobivanje daljnjih podataka za analizu stana su prosječna površina stana(65m²) i njena korisna površina koja se dobiva množenjem površine sa koeficijentom iskoristivosti, k [3].

2.1.3.2 Podsektor M2

Podsektor M2 je područje stambenih i poslovnih zgrada gdje se udio ostalih vrsta objekata zanemaruje. Takav pristup smanjuje broj ulaznih parametara, ali točnost izlaznih podataka je zadovoljavajuća. Iako su u ovom sektoru zgrade različitih godina izgradnje, specifična godišnja potrošnja toplinske energije je pretpostavljena kao ista[2] i ovisno o vrsti energenata koji se koristi. Početni podaci za analizu potrošnje stana su prosječna površina stana(65m²) i njena korisna površina koja se dobiva množenjem površine sa koeficijentom iskoristivosti, k [3].

Pri analizi godišnje potrošne ukupne električne energije, električna energija korištena kao energent za grijanje ili hlađenje prostora također je pribrojena u proračun.

Množenjem specifične potrošnje električne energije(stan, kuća) sa ukupnim površinama objekata se dobiva ukupna godišnja potrošnja električne energije podsektora M1 i M2 prikazano u tablicama s izračunatim podacima.

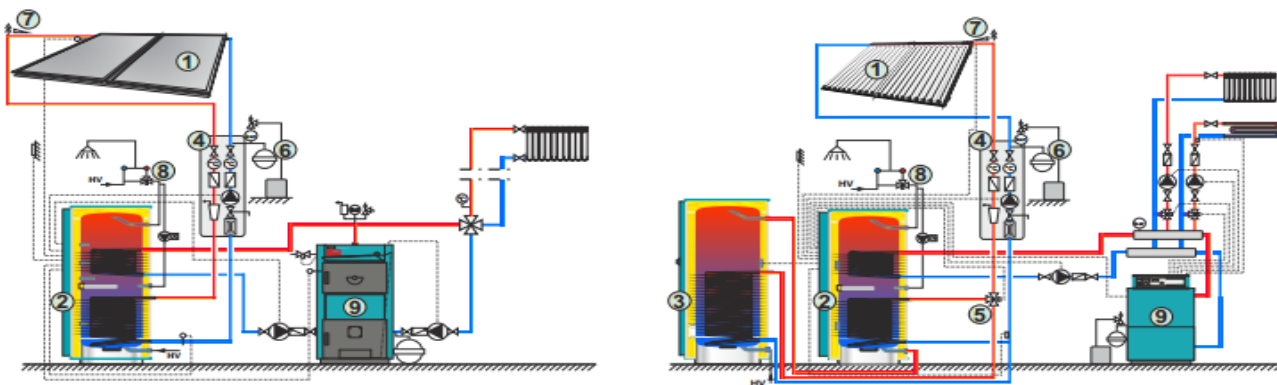
2.2 Proračun potrošnje i proizvodnje energije za potrošnu toplu vodu, PTV

2.2.1 Metode trenutne potrošnje PTV-e

Dnevna potrošnja PTV po osobi sa svim potrebama iznosi 130 litara, a po kućanstvu u prosjeku brojimo četiri osobe. Spojem tih podataka dobivamo da po jednom kućanstvu prosječno se u danu potroši oko 500 litara vode. Međutim taj podatak se može koristiti samo za analizu PTV-e u sektorima M1 i M-M2, jer podatak potrošnje PTV-e po osobi u drugim objektima drugačije namjene nije istog iznosa. Zbog tog nedostatka je izračunata potrošnja PTV-e samo za sektore M1 i M2.

2.2.2 Metoda zagrijavanja PTV-e solarnim kolektorima

Solarni sustavi zagrijavaju vodu pomoću besplatne energije Sunca. Sunčeva energija se pomoću solarnih kolektora prenosi na solarni fluid koji struji kroz kolektore te se preko donjeg izmjenjivača topline u solarnom bojleru predaje PTV-u. Da bi se Sunčeva energija mogla maksimalno iskoristiti, u solarnom sustavu mora postojati regulacija koja vodi proces izmjene topline. Regulacija preko temperaturnih osjetnika uspoređuje temperaturu vode u bojleru i solarnog fluida u kolektoru te uključuje pumpu kad je razlika temperatura između medija i vode odgovarajuće velika (5°C), a isključuje pumpu kada je ta razlika mala (3°C). Na slici je prikazana načelna shema solarnog sustava za zagrijavanje PTV.



Slika 9. Načelna shema solarnog sustava za zagrijavanje PTV za obiteljsku kuću(lijevo), za veće objekte(desno), 1) kolektori, 2) solarni bojler, 3) akumulacijski bojler, 4) solarne pumpe, 5) ventili, 6) ekspanzijska posuda solarnog kruga, 7) solarni lončić, 8) ventil za PTV, 9) kotao

2.3 Referentni inventar emisija CO₂

Prema ustanovljenoj potrošnji energije u svim sektorima, izračunata je emisija ugljičnog dioksida. Pri izračunu emisije pridruženoj jediničnoj potrošnji energije nekog goriva, potrebno je poznavati emisijske koeficijente. Emisijski koeficijenti su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 9. Emisijski koeficijenti[2]

Energent	Emisija, kgCO ₂ /MWh
Električna energija	234,81
Prirodni plin	220,20
Loživo ulje	310,31
Drvo	29,09

Korištenjem danih faktora i uzimajući u obzir potrošnju energije po sektorima, koja se procjenjuje kako je pokazano u prethodnim poglavljima, mogu se izračunati emisije CO₂ za sva tri sektora:

$$M_{CO_2} = C \cdot E_{g,i}; \quad (4)$$

C - koeficijent emisije CO₂; $E_{g,i}$ - ukupna potrošnja energije energenata;

Nakon procijenjene potrošnje energije, izrađen je referentni inventar emisija CO₂ prema dostupnim podacima[2]. U slijedećim tablicama prikazana je emisija CO₂ u sektorima gradske četvrti Kajzerica prema energentima koji se koriste. Za CTS sustav grijanja je pretpostavljeno da je prirodni plin ogrjevn medij.

2.4. Metoda i podaci analize potencijala energije vjetra

Prije analize potencijala energije vjetra u gradskoj četvrti Kajzerica potrebno je ispitati zemljište za moguću lokaciju koja ispunjava uvjete instaliranja vjetroelektrana. Uvjeti za instaliranje vjetroelektrana su slobodna površina graničnog koeficijenta hrapavosti. Hrapavost površine ima veliki utjecaj na brzinu vjetra pa tako s porastom hrapavosti raste i otpor te se vjetar usporava. Šume i veliki gradovi su mjesta velike hrapavosti dok ceste i betonske površine stvaraju vrlo mali otpor gibanju vjetra, a travnate površine pune grmlja značajno usporavaju vjetar. Najveće brzine vjetra pojavljuju se pri vrhu troposfere na oko 12 km iznad tla[16]. Slobodne površine potencijalne za instalaciju vjetroelektrana su u svim sektorima prekrivene vegetacijom niske trave i djelomično grmljem, što je već prvi pri podatak koji pokazuje neisplativost.



Dijagram 1. Promjena brzine vjetra visinom[16]

Lokacija za instalaciju postrojenja se nalazi u sektoru R1, Hipodrom. To je slobodna površina opisanog tipa gdje se ne nalaze stambeni ili poslovni objekti te je prostor većinski neizgrađen. Prije proračuna kojim bi se dobila ostvariva instalirana snaga, kao i broj elektrana, potrebno je analizirati potencijal energije vjetra da bi se ustanovilo da li je moguće tim potencijalom vjetra proizvesti električnu energiju određenog tipa vjetroelektrane.

Snaga vjetra ne može se izračunati bez mjerenja brzine vjetra na određenom području kroz period od godine i više dana. Brzina vjetra mijenja se unutar dijelova sata. Ako se mjerenje brzine vjetra pretvori u spektar snage za jedinicu mase, grafički će se vidjeti dva maksimuma.

Tablica 10. Podaci odabranih vjetroelektrana[17]

NAZIV VJETROELEKTRANE	SNAGA, MW	VISINA TURBINE, m
Generic	1,5	90
Windflow	0,5	35

U analizi potencijala energije vjetra za ispitivanje isplativosti su korišteni podaci dvije vjetroelektrane čiji su podaci prikazani u gornjoj tablici.

Pri ispitivanju lokacije za moguću izgradnju vjetroelektrana, za ispravan rad vjetroelektrane potrebna je analiza satnih podataka brzine vjetra radi mogućnosti naglih naleta vjetra.

2.5 Metoda i podaci analize potencijala geotermalne energije

2.5.1 Geotermalno polje Zagreb

Geotermalno polje Zagreb sastoji se od više lokaliteta koji su definirani u Glavnom rudarskom projektu i Elaboratu o rezervama. Polje se nalazi na jugozapadnom prilazu Zagrebu i obuhvaća prostor od oko 54 km². Polje je prikazano na slici 10. Raskriveni intervali nalaze se na dubinama 881-1374 m. Izmjerena srednja temperatura vode u ležištu bušotine Mla-1 iznosi 75 °C, a izmjereni tlak je 104 bar. Ispitivanjem dubljih intervala izmjerena je temperatura od 82 °C. Valja istaknuti da je udio vode kao izvora primarne energije u ovom području izuzetno nizak. Geotermalno polje Zagreb svrstano je u grupu niskotemperaturnih polja, stoga i geotermalna voda iz ležišta ovoga polja služi za izravnu uporabu geotermalne energije[33].

Predviđeno je korištenje geotermalne energije na dva tehnološka sustava: sektor R1(Hipodrom), sektor K1(Zagrebački Velesajam). Dinamika proizvodnje, zbog nejednolikih potreba tijekom godine, raspoređena je u dvije faze: 1) 120 dana s proizvodnjom toplinske energije za toplinski sustav grijanja i sustav PTV-e; 2) 215 dana s proizvodnjom toplinske energije za opskrbljivanje sustava PTV-e.



Slika 10. Geotermalno polje Zagreb[33]

2.5.2 Faktor grijanja geotermalne dizalice topline

Faktor grijanja, COP (coefficient of performance), predstavlja odnos toplinske energije koju proizvede dizalica topline u odnosu na električnu energiju koja je dovedena uređaju, što znači omjer toplinske energije koju je dizalica topline dovela nekom prostoru ili mediju i pogonske (mehaničke, električne i sl.) energije kojom se ostvaruje proces u njoj. Veći faktor grijanja omogućuje manju potrebu za ulaznom energijom, u ovoj analizi električnom energijom. Za $COP = 5,0$, potrebno je u dizalicu topline dovesti 1 kWh električne energije da se dobije 5

kWh toplinske energije. Potrebno ispitivanje dizalica topline se radi prema normi BS EN 14511-2 i kroz standardne uvjete B0W50[21].

Osim faktora grijanja, sezonski faktor grijanja se također koristi kada se analizira učinkovitost rada dizalice topline tijekom duljeg razdoblja(sezona grijanja)[21]. Iznos sezonskog faktora grijanja je prikazan u tablici 11.

$$\varepsilon_{DT,sez} = \frac{\sum Q_{dov}}{\sum E_{pog}}; \quad (5)$$

$\varepsilon_{DT,sez}$ - sezonski faktor grijanja;

$\sum Q_{dov}$ - ukupna dovedena toplinska energija, kWh/a

$\sum E_{pog}$ - ukupna energija pogona dizalice topline, J

Tablica 11. Sezonski faktor grijanja i prosječni toplinski učin prema toplinskom izvoru[21]

Toplinski izvor	Prosječni toplinski učin, [kWh]	Sezonski faktor grijanja
Okolni zrak	4 – 50	2,0 – 2,5
Tlo i podzemne vode	7 – 400	2,4 – 2,8
Površinske vode	10 – 25 000	2,5 – 4,0

2.5.3 Princip rada

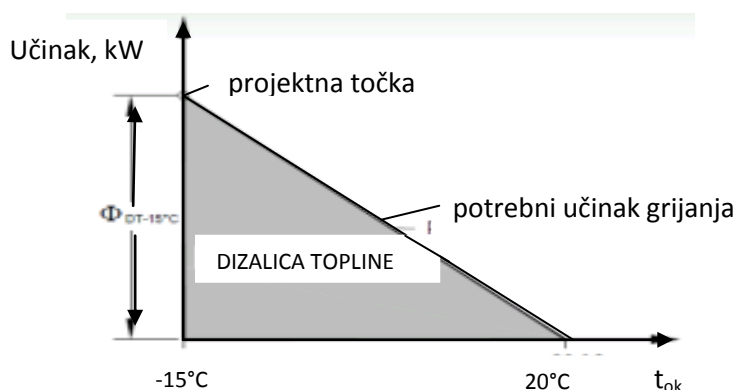
U ovom dijelu analize je potrebno pretpostaviti vrstu grijanja. Ogrjevna tijela grijanja su definirana po objektima prema namjeni objekata.

Ulazna i izlazna temperatura ogrjevnog medija je prema s gledišta dizalica topline koje su namijenjene za niskotemperaturni režim rada. Ulazne i izlazne temperature ogrjevnog medija prikazane su u tablicama 12 i 13 koje su kategorizirane prema vrsti objekata i sektoru.

Postoji više načina rada dizalice topline: 1) Monovalentni način; 2) Bivalentno - paralelni način; 3) Bivalentno - alternativni način

Dizalica topline sa ovim temperaturnim režimom može samostalno zagrijavati ogrjevni medij zbog niskih temperatura, stoga je potrebno za ovakve uvjete odabrati varijantu monovalentni načina rada. Ovaj način rada dizalice topline podrazumijeva da cjelokupnu potrebu objekta za toplinom tijekom sezone grijanja pokriva isključivo dizalica topline. Učinak dizalica topline se projektira prema vanjskoj projektnoj temperaturi zraka. Dizalice topline rade kao

monovalentni sustavi. Jedna od prednosti monovalentnog načina rada je i manje zauzimanje prostora.



Slika 11. Monovalentni način rada [21]

2.6 Metoda i podaci analize potencijala solarne energije

2.6.1 Procjena proizvodnje električne energije

Proizvodnja električne energije ovisi o količini dozračene solarne energije na fotonaponske module. Zemljopisna širina, klimatski uvjeti područja (naoblaka, magla, tlak zraka itd.) su parametri koji određuju količinu zračenja na određenoj lokaciji. Ozračenje (W/m^2) je srednja gustoća dozračene snage sunčevog zračenja, jednaka je omjeru snage Sunčevog zračenja i površine plohe okomite na smjer tog zračenja. Ozračenost (Wh/m^2) je količina energije sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu plohe u određenom vremenskom razdoblju.

Sunčevo zračenje na vodoravnoj plohi se sastoji od izravnog i neizravnog raspršenog zračenja dok se na plohi pod kutem sastoji od izravnog, raspršenog i odbijenog zračenja. Maksimalno ozračenje se postiže kontinuiranim praćenjem kretanja Sunca te je potrebno da se ploha postavlja okomito na smjer zračenja [22].

2.6.2 Utjecaj sjene

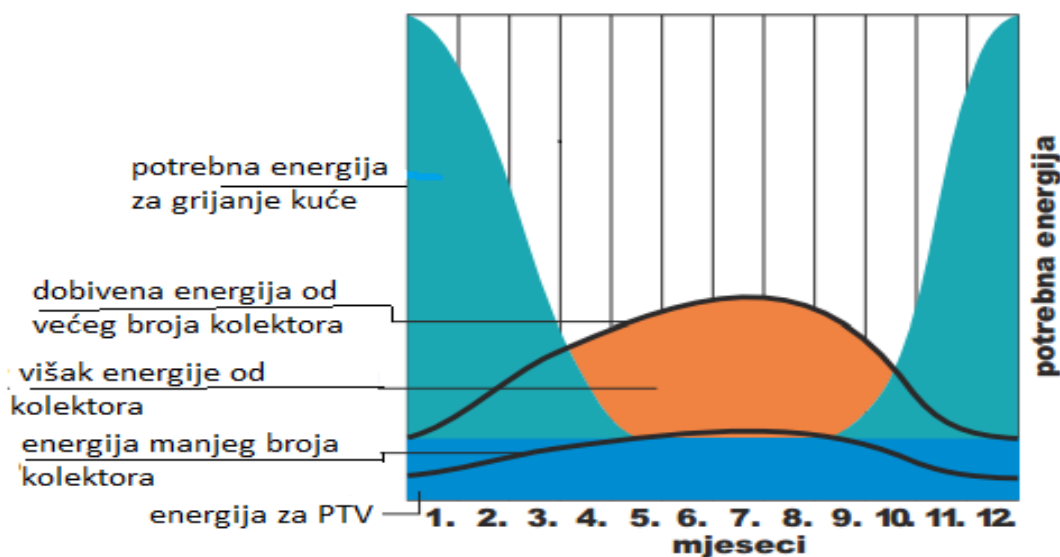
Sjena koju stvaraju objekti na bitno utječe na proizvodnju električne energije. Također loše utječe i na stabilnost sustava, jer moduli koji se nalaze djelomično u sjeni nemaju linearnu proizvodnju električne energije, a to rezultira promjenom napona i smetnjama na izmjenjivaču. Ako se samo jedna ćelija u modulu nalazi u sjeni to može smanjiti snagu cijelog modula za 75 % [27].

2.6.3 Solarni kolektori

Vrste solarnih sustava namijenjeni za proizvodnju toplinske energije koji se mogu instalirati na vrste objekata izgrađenih u gradskoj četvrti Kajzerica, su sustavi koji omogućavaju korištenje sunčeve energije u sustavima zagrijavanja potrošne tople vode (PTV) i dogrijavanju sustava grijanja. Takva vrsta solarnog sustava sastoji se od slijedećih komponenti: solarnih kolektora, solarnog i/ili akumulacijskog bojlera, regulacije, solarne pumpne grupe, ekspanzijske posude te elemenata armature i izoliranih cijevi[22].

Ukoliko želimo dogrijavati sustav grijanja putem kolektora potrebno je za obiteljsku kuću cca $10-18\text{m}^2$ kolektorske površine sa zapreminom akumulacionih spremnika od 70 - 100 litara po m^2 kolektorske površine. Kod ovakvih sustava može se uštedjeti i preko 30% na energentima potrebnim za grijanje[29]. Kako su solarni sustavi niskotemperaturni, najbolje će se iskoristiti u kombinaciji sa niskotemperaturnim sustavima grijanja (podno, zidno grijanje i sl.).

Solarni sustavi za dogrijavanje sustava grijanja i pripremu PTV kada preostali dio sustava grijanja je prilagođen niskotemperaturnom režimu grijanja. Slika 12 prikazuje dobivenu i potrebnu energiju za grijanje kroz period cijele godine.



Slika 12. Prikaz dobivene i potrebne energije[28]

3. SATNE DISTRIBUCIJSKE KRIVULJE

Meteonorm je software koji omogućuje jednostavan pristup podacima za bilo koje mjesto na Zemlji, ako su traženi podaci za to područje postojeći. Iradijacija, temperatura, brzina vjetra su samo par parametara koji su dostupni u softwareu. Što se tiče formatiranja podataka, moguće je spremati podatke u preko 35 vrsta formata, od formatiranja u Excel za ručnu analizu ili kao format ulaznih parametara za unos u daljnje software.

8 325 meteoroloških postaja po cijelom svijetu, pet geostacionarna satelita su postrojenja koja prikupljaju informacije za ovu tvrtku što omogućuje pouzdanost i garanciju dobivenih podataka pomoću softwarea Meteonorm.[web meteonorm]

Pristup softwareu je moguć na Fakultetu Strojarsva i brodogradnje[power] gdje su prikupljeni podaci za dobivanje satnih distribucijskih krivulja potrošnje energije i energenata za jednu kalendarsku godinu te je provedeno ispitivanje potencijala vjetroenergije.

Za dobivanje krivulja potrebno je napraviti slijedeću pripremu[11]:

1. Procijeniti ukupnu proizvodnju energije koju analiziramo;
2. Izračunati stupanj dan pomoću temperatura dobivenih iz meteonorma;
3. Izračunati stupanj sat;
 - a. $DD = T_p - T_v$; (6)
 DD – stupanj sat;
 T_p -Unutrašnja temperatura prostorije (uzeti 21°C);
 T_v – satna vanjska temperatura dobivena pomoću METEONORMA;
 - b. DD se računa samo u slučaju kada imamo vanjsku temperaturu nižu od 16°C, a u svim ostalim slučajevima je DD jednak nuli;
 - c. U periodu od 1.5 do 1.10 DD mora biti 0;

4. Satno toplinsko opterećenje;

$$STP = \left(\frac{THP}{\sum_{1}^{8784} DD} \right) \cdot DD; \quad (7)$$

STP – satno toplinsko opterećenje u MWh

THP- ukupna proizvodnja topline

$\sum_{1}^{8784} DD$ –zbroj svih DD-a tijekom jedne godine

3.1 Krivulje trenutne potrošnje toplinske i električne energije

U slijedećem proračunu postupak ovisi o načinu dobivanja energije, u ovom slučaju, toplinske. Podaci satnog toplinskog opterećenja određene energije modificirani su ovisno o uvjetima grijanja te također modificirana je krivulja potrošnje PTV-e.

Slučaj 1), kada je toplinska energija dobivena iz toplana/kogeneracija[11]

1. Dobivenu krivulju modificirati na slijedeći način:
 - a) CTS radi od 5 do 23 sata
 - b) Ako je u periodu od 23 do 5 sata vanjska temperatura -15°C ili niža, CTS se pali ali je unutrašnja temperatura 15°C
2. Dobivenu konačnu distribuciju proširiti s toplinskim opterećenjem za PTV
Iz dijagrama rekonstruirat satnu potrošnju PTV-a
 - a) Odrediti satne udjele s obzirom na ukupnu dnevnu potrošnju prikazanu u dijagramu
 - b) Ukoliko se nisu dobili drugi podaci ukupna energija potrebna za PTV jednaka je 20% ukupnog toplinskog opterećenja

Slučaj 2) kada je toplinska energija dobivena iz drugih izvora toplinske energije

1. Dobivenu krivulju modificirati na slijedeći način:

Za period od 23 do 6 sati, smanjiti unutrašnju temperaturu na 18°C
2. Dobivenu konačnu distribuciju proširiti s toplinskim opterećenjem za PTV
 - a) Iz dijagrama rekonstruirat satnu potrošnju PTV-a
 - b) Ukupna energija potrebna za PTV jednaka je 20% ukupnog toplinskog opterećenja ako nije utvrđeno drugačije proračunima ili podacima (npr. Energetski certifikati)

3.2 Krivulje energije vjetra

Do konačnih podataka analize potencijala energije vjetra proračun ima slijedeće korake postupka:

1. Pomoću brzina vjetra određenih pomoću METEONORM na visini od 10 m, potrebno je odrediti brzine vjetra na visinama kućišta vjetroturbine.
2. Brzina vjetra na određenoj visini se računa po sljedećoj formuli:

$$v = v_r (z/z_r)^{\alpha} \quad (8)$$

v – brzina koja se traži

v_r -brzina na 10 m

z -visina na kojoj se računa brzina vjetra

z_r -referentna visina od 10m

α -koeficijent hrapavosti površine

3. Koeficijent hrapavosti površine je različit za terene:
 - a) 0,15 – travnjaci
 - b) 0,20 – mali broj drva, grmlje i sl.
 - c) 0,25 – veliko drveće, zgrade i kuće
4. Pomoću krivulje snage za pojedini vjetroaregat i brzinu vjetra odrediti proizvodnju električne energije.

HOMER PRO je software koji ima spremljene podatke za određeni broj vjetroelektrana te izračunava proizvodnju električne energije s obzirom na trenutnu brzinu vjetra. Iz softwarea su odabrane dvije elektrane različitih snaga i različitih visina turbina radi usporedbe nakon dobivanja konačnih izlaznih podataka za vjetar.

3.3 Satne distribucijske krivulje proizvodnje topline geotermalnom energijom

Pretpostavkom obnove objekata i vrste ogrjevnih tijela, za daljnju analizu, je odabrana vrsta dizalice topline voda – voda. Dizalice topline voda – voda bi se prema pretpostavkama u toplinski sustav objekta grijanja instalirale u monovalentni način te bi također u sezoni hlađenja bile uređaj za proizvodnju energije za hlađenje prostora. Instalacija uređaja u pojedine objekte ovisi o tipu objekta u koji se instalira. Objekt – kuća, stambene namjene, ima zasebno instaliranu dizalicu topline te svu potrebnu dodatnu opremu koja se nadovezuje i potrebne bušotine. To znači da instalacijom dizalice topline kuća zadržava i stari sustav grijanja zbog slučaja kada je vanjska temperatura zraka ispod projektne točke. Objekt – zgrada, stambene i poslovne namjene, ima zasebno instaliranu dizalicu topline sa svim dodatnim instalacijama i bušotinama te također kao i kuća zadržava stari sustav grijanja iz istih razloga. Podatak za dizalice topline instalirane u objektima, pri izračunavanju podataka za dobivanje satnih distribucijskih krivulja je procjena proizvedene toplinske energije dizalicom topline.

Međutim, taj podatak je procijenjen na način da je preko podataka o satnoj temperaturi u cijeloj godini dobivenih iz softwarea Meteonorm, u Microsoft Office Excelu izračunat broj dana u sezoni grijanja

Za dobivanje krivulja potrebno je napraviti slijedeću pripremu[11]:

1. Procijeniti proizvodnju toplinske energije dizalicom topline u određenom sektoru nakon moderniziranja infrastrukture objekata i instaliranja niskotemperaturnog sustava grijanja. Proizvodnja toplinske energije je dakle udio ukupne potrošnje toplinske energije kućanstva.
2. Stupanj sat se računa prema koracima 1- 4 koji su definirani na početku poglavlja.
3. Satno toplinsko opterećenje (STP) se računa prema koracima 1- 4 koji su definirani na početku poglavlja.
4. Dobivenu krivulju modificirati na slijedeći način:

Za period od 23 do 6 sati, smanjiti unutrašnju temperaturu na 18°C

5. Dobivenu konačnu distribuciju proširiti s toplinskim opterećenjem za PTV na slijedeći način:
 - a) Iz dijagrama rekonstruirat satnu potrošnju PTV-a
 - b) Odrediti satne udjele s obzirom na ukupnu dnevnu potrošnju prikazanu u dijagramu
 - c) Ukupna energija potrebna za PTV jednaka je 20% ukupnog toplinskog opterećenja ako nije utvrđeno drugačije proračunima ili podacima (npr. Energetski certifikati)

3.4 Krivulja analize proizvodnje električne i toplinske energije solarnim energijom

3.4.1 Proizvodnja električne energije solarnim energijom

Procjena očekivane godišnje proizvodnje energije solarne elektrane provedena je upotrebom potrebnih podataka iz Microsoft Office Excela te je prikazana krivuljom u dijagramu. Podaci potrebni za prikaz godišnje proizvodnje električne energije solarnom elektranom su meteorološki podaci dobiveni pomoću softwera Meteonorm, potrebne površine krovova te podaci dobiveni od hrvatskog proizvođača solarnih elektrana SOLVIS d.o.o. Za dobivanje krivulje koja prikazuje potencijalnu satnu proizvodnju električne energije solarnim panelima u referentnoj godini potrebno je definirati godišnje satno sunčevo zračenje na željenoj lokaciji (Wh/m^2), $45^\circ 48'$ sjeverne geografske širine i $15^\circ 58'$ geografske istočne dužine. Jedan naponski modul proizvođača SOLVIS d.o.o je površine 2 m^2 i iskoristivost mu iznosi 15,5%, što znači da 1000 W/m^2 sunčevog zračenja pretvara u 155 Wh/m^2 električne energije.

Stvarna proizvodnja elektrane može odstupati zbog meteoroloških odstupanja i načina održavanja elektrane.

3.4.2 Proizvodnja toplinske energije solarnom energijom

Solarni sustav za pripremu sanitarne vode za 4 osobe u obiteljskoj kući je otprilike 6 m² kolektorske površine sa spremnikom od 500 litara. Jedno kućanstvo, u kojem stanuju 4 osobe, dnevno zahtjeva 12 kWh toplinske energije za PTV-u. Kod ovakvog sustava može se uštediti 50 – 60 % ukupnih godišnjih potreba za toplom vodom[29]. Prema izračunu potrebe toplinske energije za PTV-u, izračunata je potrebna površina krova za solarne kolektore za proizvodnju toplinske energije[30].

Za objekte gospodarske i športsko – rekreacijske namjene sektora R1 te za objekte u sektoru K1 analizirat će se mogućnost instaliranja solarnih kolektora za namjenu proizvodnje toplinske energije za sustav PTV-a.

3.5 Stupanj dan (°C dan), SD

Početak/ kraj sezone grijanja određen je na 12°C za grad Zagreb[12], a prosječna unutarnja temperatura, $T_i = 20$ °C[12]. Podaci iz softvera Meteonorm, prosječna dnevna vanjska temperatura u mjesecu i maksimalna dnevna vanjska temperatura prikazani su u tablici zajedno sa razlikom unutarnje i prosječna dnevna vanjska temperatura u mjesecu.

Tablica 12. Tablica temperatura[10]

	jan	feb	mar	apr	may	jun	july	aug	sep	oct	nov	dec
Tadmin, °C	1,5	1,1	5,4	8,4	14,0	16,6	20,5	19,5	14,7	9,6	6,1	2,5
Tadmax, °C	6,8	6,3	13,4	18,2	23,0	27,3	31,0	29,5	22,4	14,7	13,3	7,1
Ta, °C	4,2	3,5	9,3	13,6	18,9	22,7	26,0	25,0	18,8	12,2	9,7	4,7
Ti – Ta, °C	15,8	16,5	10,7							7,8	10,3	15,3

$$SD = n_{dana,mj} \cdot \sum (T_i - T_a); \quad (9)$$

4. METODA ANALIZE POTROŠNJE NAKON PRIMJENE MJERA

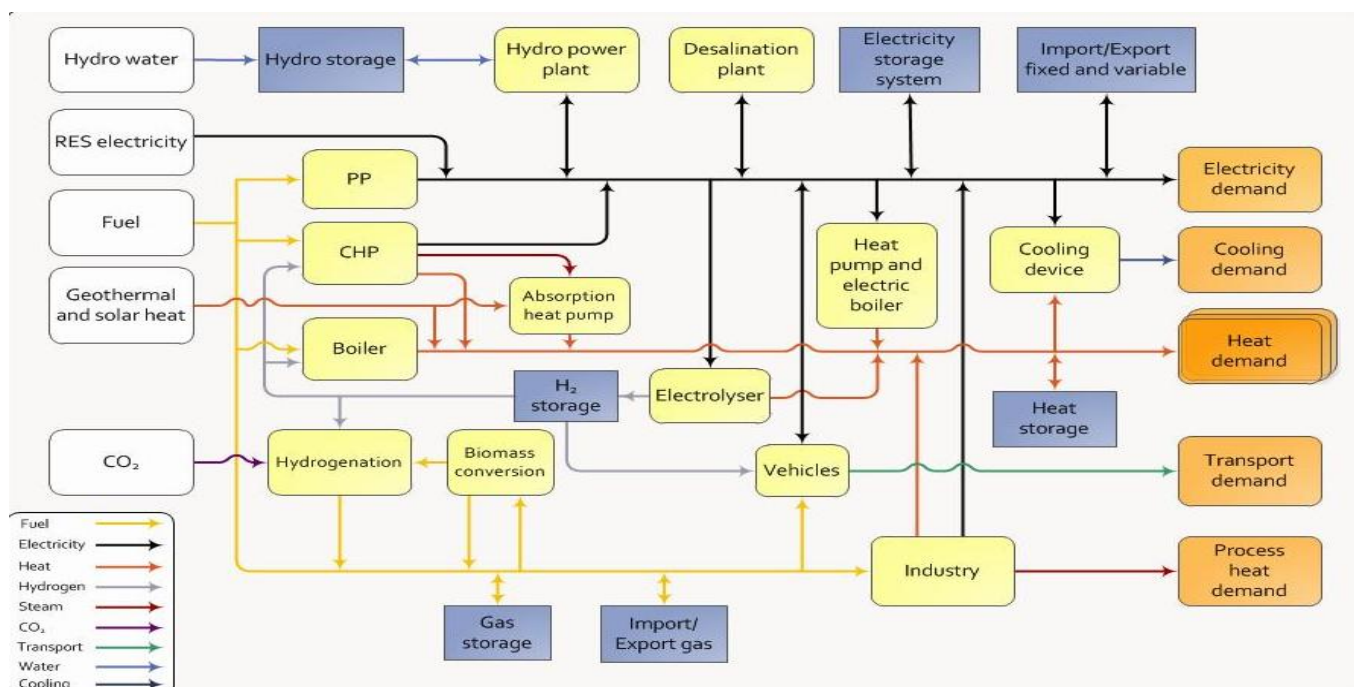
Nakon analize trenutne godišnje potrošnje energije i energenata te dobivenih satnih distribucijskih krivulja trenutne potrošnje energije i energenata za jednu kalendarsku godinu i analize primjene mogućih mjera energetske učinkovitosti i dobivenih satnih distribucijskih krivulja potencijalne lokalne proizvodnje energije za jednu kalendarsku godinu potrebno je analizirati potrošnju energije nakon primjene mjera te usporediti ih sa trenutnom potrošnjom. Alat potreban za analizu potrošnje nakon primjene mjera je EnergyPLAN model. Točnost svih rezultata je ograničena dostupnošću materijala i potrebnih podataka.

4.1 EnergyPLAN Version 12.3

EnergyPLAN je računalni model za analizu energetske sustava. Analize energetske, okolišnog i ekonomskog utjecaja različitih energetske strategije su funkcije modela u cilju da se razvije više različitih rješenja te međusobne usporedbe. To je deterministički model koji optimira vođenje danog energetske sustava na osnovama ulaza (eng.input) i izlaza (eng.output) zadanih od strane korisnika. Optimiranje je pokazivanje najboljeg načina vođenja sustava sa zadanim podacima, energetska potrošnja i postrojenja. Ulazni parametri su potrošnja energije, obnovljivi izvori, kapaciteti instaliranih postrojenja, troškovi i razne regulacijske strategije. Izlazni parametri su energetske bilance, godišnja proizvodnja, potrošnja energije, uvoz i izvoz energije te ukupni troškovi. Način rada modela je satni korak, odnosno analiziranje sustava kroz jednu godinu podijeljenu na 8 784 vremenska koraka, što za posljedicu ima mogućnost analize oscilacije OIE na sustav, kao i tjedne i sezone razlike u zahtjevima za električnom i toplinskom energijom [34].

Osnovna podjela načina unosa ulaznih i izlaznih podataka prema načinu opskrbljivanja odabranog područja toplinskom energijom kao način instaliranja postrojenja za iskorištavanje toplinskih izvora energije. Model EnergyPLAN definira individualno opskrbljivanje objekta toplinskom energijom (Individual heating[34]) i opskrbljivanje svih objekata smještenih na odabranom području (District heating[34]).

Model EnergyPLAN je prikazan na slici na slijedećoj strani. Na slici se vide svi ulazni i izlazni parametri kao i rast potrošnje i proizvodnje energije.



Slika 13. Model[34]

Prema strukturi modela, ulazni i izlazni podaci potrebni za analizu gradske četvrti Kajzerice svrstani su u te dvije kategorije. Podsektori M1 i M2 imaju trenutni instalirani sustav grijanja kao i mogući potencijal instaliranja opreme za obnovljive izvore energije koji spadaju u kategoriju modela EnergyPLAN-a, „Individual Heating“.

Trenutni instalirani sustav grijanja kao i mogući potencijal instaliranja opreme za obnovljive izvore energije sektora K1 i R1 svrstani su u kategoriju modela EnergyPLAN-a, „District Heating“. U ukupnu potrošnju toplinske energije ubrojena je i potrošnja toplinske energije PTV – e svih sektora.

Potrošnja električne energije uvrštena u EnergyPLAN je ukupna potrošnja električne energije svih sektora sa oduzetom vrijednošću potrošnje električne energije za grijanje objekata u sektorima M1 i M2. Dobiveni podaci triju scenarija, koristeći model EnergyPLAN-a, omogućavaju analiziranje potrošnje energenata i energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti.

Treba napomenuti da prvi scenarij, scenarij 1, predstavlja model trenutnog stanja svih sektora, dok scenarij 2 i scenarij 3 predstavljaju model stanja nakon primjene mjera energetske učinkovitosti.

4.2 Scenarij 2

Ovaj scenarij pokazuje ostvarive mjere energetske učinkovitosti koje bi se mogle primjeniti u slučaju kada se sve potrebe za energijom zadovoljavaju vlastitim izvorima energije. To je slučaj u kojem je pretpostavljen. Također, u ovom scenariju su pretpostavljeni dovoljno veliki kapaciteti geotermalne energije. U slučaju proizvodnje električne energije, osim maksimalne iskoristivosti solarnih panela instaliranih na krovovima pretpostavljena je i instalacija solarnih elektrana na slobodnim površinama po potrebi u cijelom kvartu, ali s neodređenom točnom lokacijom. Analiza je provedena sa novom potrošnjom toplinske i električne energije. Niskoenergetska kuća (150 m^2) zahtjeva 9 kW instalirane snage[39]. Snaga dizalice topline koja je instalirana za pojedini iznosi 60 W/m^2 [39].

4.2.1 Energetska obnova sektora

Mjere koje potrebno provesti radi smanjenja potrošnje toplinske i električne energije je prije ugradnje opreme za obnovljive izvore energije: zamjena vanjske stolarije, toplinska zaštita ovojnice grijanog prostora (vanjskog zida, krova, stropa ukopanih dijelova i podova)[38], instaliranja niskotemperaturnog sustava grijanja koji omogućuje opskrbljivanje toplinskom energijom samo iz vlastitih izvora bez dogrijavanja.

Sustavi za korištenje obnovljivih izvora energije u sektorima su: sunčani toplinski pretvarači (solarni paneli, solarni kolektori), dizalice topline i geotermalna toplana[38].

Specifična potrošnje toplinske energije iznosi 50 kWh/m^2 za sve sektore, dok specifična potrošnje električne energije iznosi 30 kWh/m^2 za sve sektore. Emisija CO_2 je u ovom scenariju svedena na nulu.

4.2.2 Sektori

Pri modeliranju scenarija, sektor 3 za proizvodnju toplinske energije imaju instalirani sustav dizalica topline voda – voda te sustav solarnih kolektora. Sustav dizalica topline voda – voda pretpostavljen je za proizvodnju toplinske energije koja opskrbljuje sustav grijanja objekta, kuće ili cijele zgrade. U analizi opreme, ustanovljeno je da takav sustav grijanja može opstati bez dogrijavanja drugim izvorom topline u određenim slučajevima, stoga je u model EnergyPLAN definiran sustav grijanja kombinacijom dizalice topline i električnog izvora toplinske energije. Solarni kolektori su predviđeni za opskrbljivanje sustava PTV-e

toplinskom energijom. Iznosi potrošnje toplinske energije za sustav grijanja i sustav PTV-e se zbrajaju i zajedno unose u model.

U sektorima 1 i 2 pri modeliranju scenarija, za proizvodnju toplinske energije predviđena je izgradnja geotermalne toplane koja bi opskrbljivala objekte na tom području toplinskom energijom smještena na slobodnoj površini Hipodroma. Osim toplane, zbog velikih površina krovova, predviđen je i sustav solarnih panela.

Sustav solarnih panela predviđen je za proizvodnju toplinske energije za sustav PTV-e na način da su oni jedini grijači. Iznosi potrošnje toplinske energije za sustav grijanja i sustav PTV-e se zbrajaju i zajedno unose u model.

Oprema za proizvodnju električne energije su solarne elektrane. Instalacija solarnih elektrana zahtjeva prilagođene površine koje se mogu maksimalno iskoristiti za ugradnju. Krovovi kuća u sektoru 3, točnije M1 kao površine za solarne panele imaju pretpostavljen kut od 30°.

Krovovi zgrada u sektoru 3 kao površine imaju pretpostavljen kut solarnih panela 10° pod pretpostavkom da su svi krovovi ravni[9]. Krovovi objekata R1 i K1 u većini slučajeva trenutno nemaju prilagođenu površinu krovova za ugradnju solarnih panela te se mora pretpostaviti prethodna prilagodba površine krova za mogućnost ugradnje. Kada bi se krovovi prilagodili ugradnji solarnih panela, dobio bi se veliki potencijal za proizvodnju električne energije. Osim krovova objekata, također je izračunata proizvodnja električne energije solarnih panela koji bi bili ugrađeni na površinama krovova potencijalnih nadstrešnica parkirnih mjesta u cijelom kvartu.

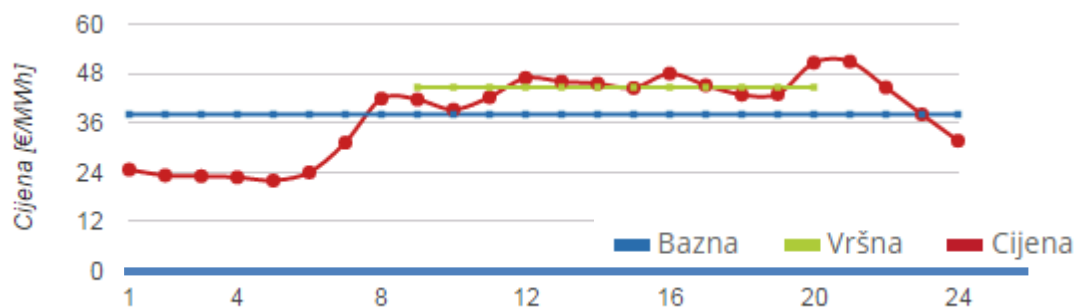
Osim potpune zamjene energenata loživog ulja i drveta dizalicom topline i solarnim kolektorima, također je i potrošnja prirodnog plina svedena na nulu u sustavu grijanja.

S druge strane, potrošnja električne energije je porasla iz razloga što dizalice topline kao i geotermalna toplana, troše električnu energiju.

4.3 Metoda izračuna prodaje električne energije u mrežu

Proizvedena električna energija prodaje se u mrežu prema tržišnim cijenama[35]. Električna energija se proizvodi iz solarnih panela. U proračunu je potrebno je uzeti u obzir uvjete proizvodnje električne energije iz solarnih panela. Ukupan iznos prodane električne energije dobiva se sumiranjem godišnje satne prodaje električne energije. Godišnja satna prodaja

električne energije dobiva se umnoškom godišnje satne proizvodnje električne energije izračunate pomoću podataka iz METEONORM – a i satnih cijena očitanih iz tablica CROPEX[35]. Zbog nedostupnosti podatku za sve godišnjih satne cijene, uzete su petodnevne cijene koje iz tablica i složene su u tablicu u 8.784 sata.



Slika 14. Dnevna krivulja cijena električne energije

Slika 14 prikazuje tok cijene kroz dan i njezinu nestabilnost koja je aktivna u svakom satu.

5. REZULTATI GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE

Prema metodi analize potrošnje energije opisanoj u poglavlju 2.1, dobiveni su podaci površine objekata prikazani u tablicama slijedećih podnaslova, s kojima su se dobili podaci o godišnjoj potrošnji toplinske i električne energije. Toplinska energija dobivena je potrošnjom energenata, što znači da analizom potrošnje toplinske energije ujedno analiziramo i potrošnju energenata. U proračunu godišnje potrošnje energije potrebno je prvo izračunati broj stanova i kuća te nakon toga ukupnu i korisnu površinu prema tipu objekta. Broj kuća i stanova u podsektoru M1 je prikazan u tablici 13, a broj stanova u podsektoru M2 je prikazan u tablici 19. Ukupna i korisna površina podsektora M1 je prikazana u tablici 14.

5.1 Rezultati godišnje potrošnje energije podsektora M1

Tablica 13. Broj kuća i stanova

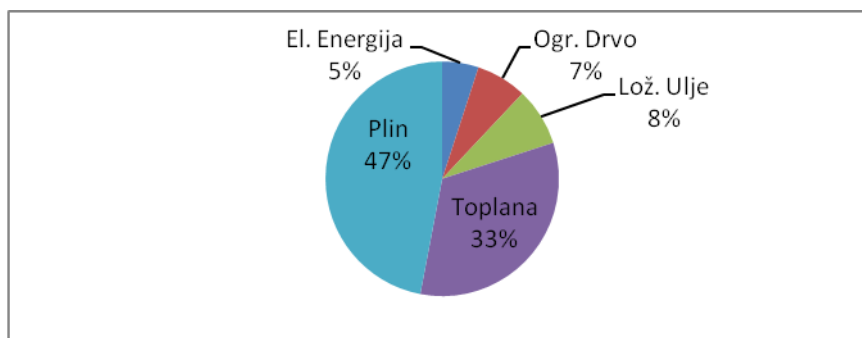
broj kuća,3-katnica	168	broj stanova,svih 5-katnica	89
broj kuća,2-katnica	510	broj stanova,svih 4-katnica	356
broj kuća,1-katnica	170	broj stanova,svih 3-katnica	267
/	/	broj stanova,svih 2-katnica	178

Tablica 14. Ukupna i korisna površina prema tipu objekta

tip objekta	ukupna površina,m2	korisna površina,m2
kuća(stara i nova),1 kat	20 199	15 068
kuća(stara i nova),2 kata	121 194	90 411
kuća(stara i nova),3 kata	60 597	45 205
zgrada(stara,nova),2 kata	15 524	11 581
zgrada(stara,nova),3 kata	23 286	17 371
zgrada(stara,nova),4 kata	31 048	23 162
zgrada(stara,nova),5 kata	7 762	5 790
kuća(stara i nova)	201 990	150 685
zgrada(stara,nova)	77 621	57 905

U proračunu je za zastupljenost vrste energenata po stambenim objektima uzet podatak za cijeli Zagreb prikazan u postotcima na slici 14, s tim da je onda potrebno isključiti CTS, jer ne postoji vrelovodna mreža u tom dijelu četvrti. Potrebno je sa dostupnim podacima procijeniti udio energenata u objektima bez CTS-a u podsektoru M1, prema namjeni objekata. Slijedeći nedostatak procjenjivanja udjela energenata je taj da stambeni objekti podsektora M1 čine kućanstva i stanovi vjerojatno upotrebljavaju drugačiju vrstu energenata, ali i kada koriste istu

vrstu energenata, tada specifična potrošnja pojedinog energenta po m^2 nije istog iznosa. Stoga se u ovom proračunu to zanemaruje.



Slika 15. Prosječni udio energenata(%) u kućanstvima u Zagrebu[2]

Pomoću podatka o prosječnom udjelu energenata u stambenim objektima za cijeli Zagreb izračunat je prosječni udio energenata prikazan u tablici 16.

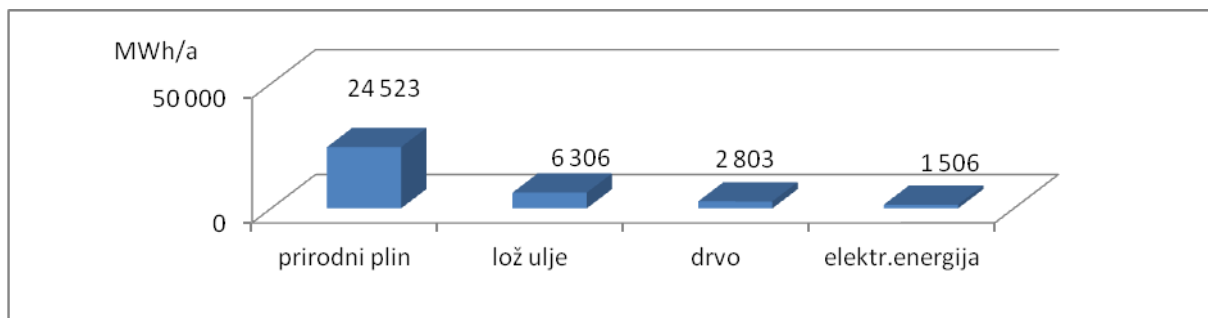
Tablica 15. Prosječni udio energenata(%) u stambenim objektima

Vrsta energenta	Udio u objektima u podsektoru M1
prirodni plin	70%
loživno ulje	18%
drvo	8%
električna energija	4%

Tablica 16. Podaci godišnje potrošnje toplinske energije po energentu

Tip objekta	prirodni plin	lož ulje	drvo	elektr.energija	Q
kuća(stara i nova),1 kat, MWh/a	1.771	455	202	108	2.538
kuća(stara i nova),2 kata, MWh/a	10.629	2.733	1.214	652	15.230
kuća(stara i nova),3 kata, MWh/a	5.314	1.366	607	326	7.615
zgrada(stara,nova),2 kata, MWh/a	1.361	350	155	83	1.950
zgrada(stara,nova),3 kata, MWh/a	2 042	525	233	125	2.926
zgrada(stara,nova),4 kata, MWh/a	2 723	700	311	167	3.901
zgrada(stara,nova),5 kata, MWh/a	680	175	77	41	975
ukupno, MWh/a	24.523	6.306	2.803	1.506	35.138

U Microsoft Excelu je izračunata godišnja potrošnja toplinske energije po energentu prikazana u tablici 17 na način da je prikazna potrošnja po tipu objekta i njegovo katnosi. Dijagramski prikaz ukupne potrošnje energenata u podsektoru M1 je prikazan u dijagramu 2.



Dijagram 2. Potrošnja energenata podsektora M1

5.2 Rezultati godišnje potrošnje energije podsektora M2

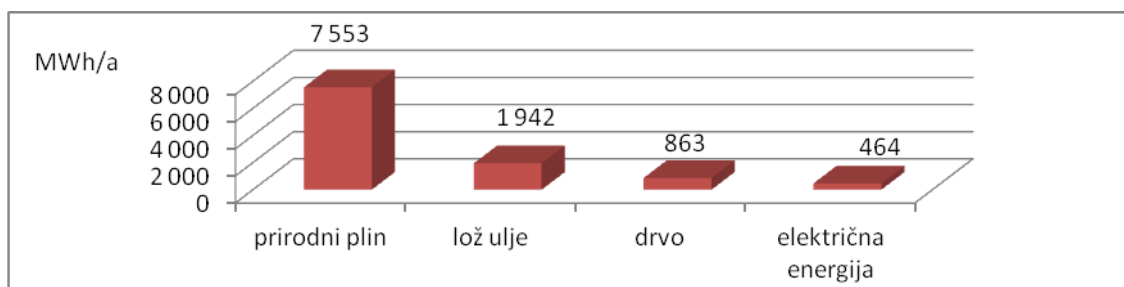
Tablica 17. Broj stanova

broj stanova,svih 2-katnica	198
broj stanova,svih 3-katnica	99
broj stanova,svih 4-katnica	395
broj stanova,svih 6-katnica	297

Podaci o udjelu energenata, procijenjeni iz dijagrama prosječnog udjela energenata(%) u kućanstvima u Zagrebu[2], koji se koriste u analizi sektora M1 također se koriste i u analizi podsektora M2. Pomoću prikupljenih ulaznih podataka analizirana je godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje te potrošnja pojedinih energenata prikazana u tablici 18 složena prema katnosti zgrada. Dijagramski prikaz ukupne potrošnje energenata u podsektoru M1 je prikazan u dijagramu 3.

Tablica 18. Podaci godišnje potrošnje toplinske energije po energentu, MWh/a

tip objekta	prirodni plin	loživo ulje	drvo	električna energija	Q, kWh/a
zgrada(stara,nova),2 kata	2.265	582	258	139	3.246
zgrada(stara,nova),3 kata	3.021	776	345	185	4.328
zgrada(stara,nova),4 kata	755	194	86	46	1.082
zgrada(stara,nova),6 kata	1.510	388	172	92	2.164



Dijagram 3. Potrošnja energenata podsektora M2

5.3 Rezultati analize električne energije podsektora M1 i M2

Pri analizi godišnje potrošne ukupne električne energije, električna energija korištena kao energent za grijanje ili hlađenje prostora također je pribrojena u proračun.

Množenjem specifične potrošnje električne energije (stan, kuća) sa ukupnim površinama objekata se dobiva ukupna godišnja potrošnja električne energije podsektora M1 i M2 prikazano u tablicama 19 i 20. Usporedba potrošnje električne energije podsektora M1 i M2 prikazana je u dijagramu 4.

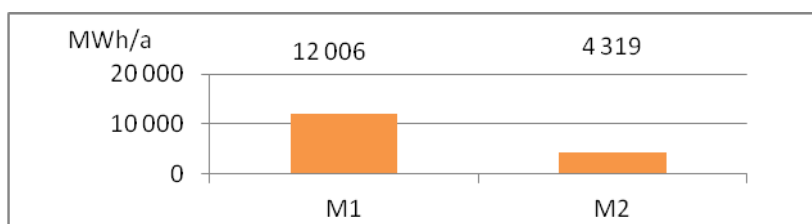
Tablica 19. Potrošnja električne energije svih objekata u podsektoru M1, MWh/a

tip objekta	potrošnja električne energije (MWh/a)
kuća(stara i nova),1 kat	811
kuća(stara i nova),2 kata	4.867
kuća(stara i nova),3 kata	2.433
zgrada(stara,nova),2 kata	778
zgrada(stara,nova),3 kata	1.167
zgrada(stara,nova),4 kata	1.556
zgrada(stara,nova),5 kata	389

Tablica 20. Potrošnja električne energije svih objekata u podsektoru M2, MWh/a

tip objekta	potrošnja električne energije (MWh/a)
zgrada(stara,nova),2 kata	1.295
zgrada(stara,nova),3 kata	1.727
zgrada(stara,nova),4 kata	431
zgrada(stara,nova),6 kata	863

Analiza energetske potrošnje stambenog podsektora M1 i M2 pokazuje vrlo velik potencijal energetskih ušteda električne i toplinske energije. Postojeći stambeni fond troši energiju neracionalno potrebno je kontinuirano poduzimati brojne mjere energetske učinkovitosti u cilju racionalizacije energetske potrošnje i smanjenja pripadajućih emisija CO₂.



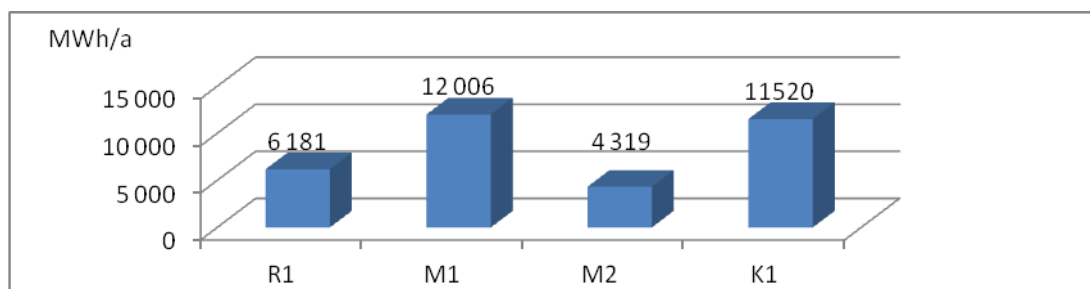
Dijagram 4. Usporedba potrošnje električne energije

5.4 Usporedba godišnje potrošnje električne energije svih sektora i potrošnja sektora K1

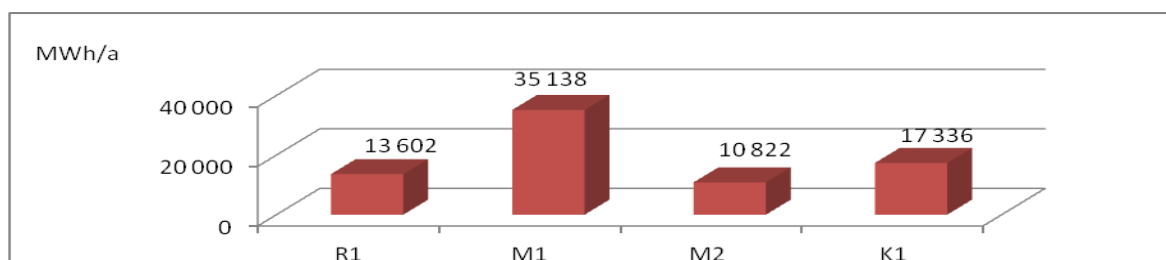
U ovom podnaslovu su prikazani rezultati izračuna potrošnje toplinske i električne energije sektora K1 prikzani u tablici 21. Izračunati su dijagrami 5 i 6 usporedbe godišnje potrošnje električne i toplinske energije svih sektora(K1,R1) i podsektora(M1,M2).

Tablica 21. Potrošnja toplinske i električne energije svih objekata u sektoru 1, MWh/a

tip objekta	površina, m ²	toplinske energija(MWh/a)	električne energija(MWh/a)
kuća/zgrada 1kat	32.076	8.161	3.708
kuća/zgrada 2kat	5.346	1.360	618
kuća/zgrada 4kat	16.038	4.080	1.854



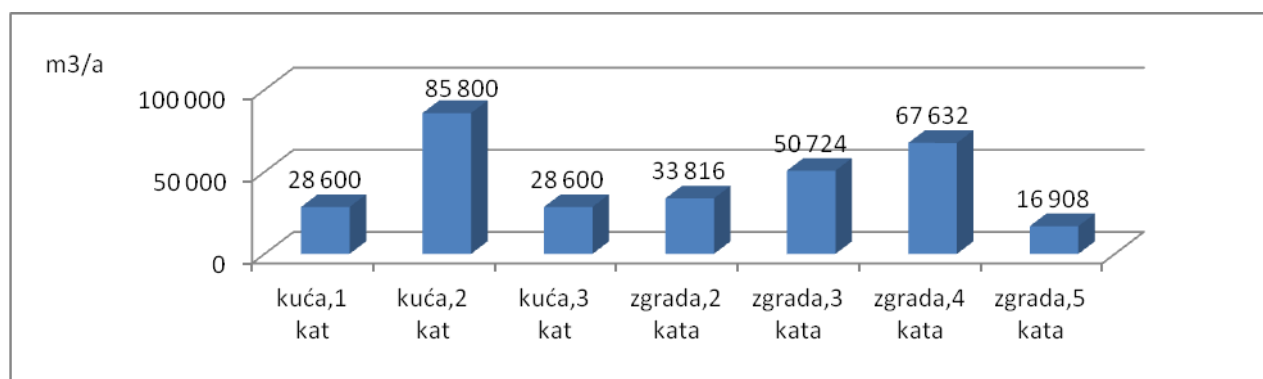
Dijagram 5. Usporedba godišnje potrošnje električne energije svih (pod)sektora



Dijagram 6. Usporedba godišnje potrošnje toplinske energije svih (pod)sektora

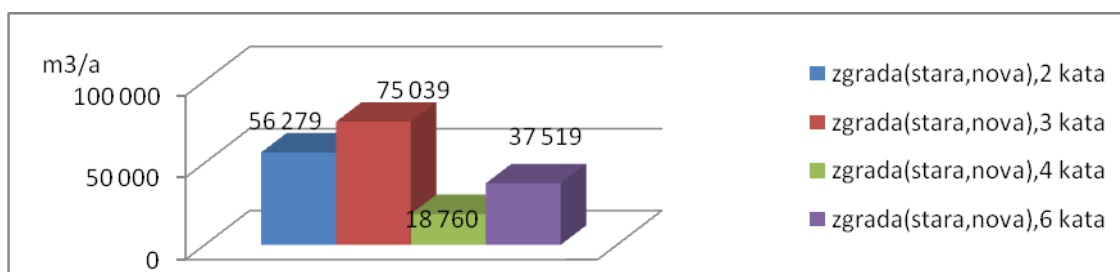
5.5 Rezultati izračuna potrošnje tople vode, PTV

Dobiveni rezultati o potrošnji PTV – e u svim sektorima su izračunati metodom iz poglavlja 2.1, podnaslova 2.2.1 Metode trenutne potrošnje PTV – e. Također su korišteni podaci iz navedenog podnaslova.



Dijagram 7. Godišnja potrošnja PTV – a prema tipu objekta u podsektoru M1

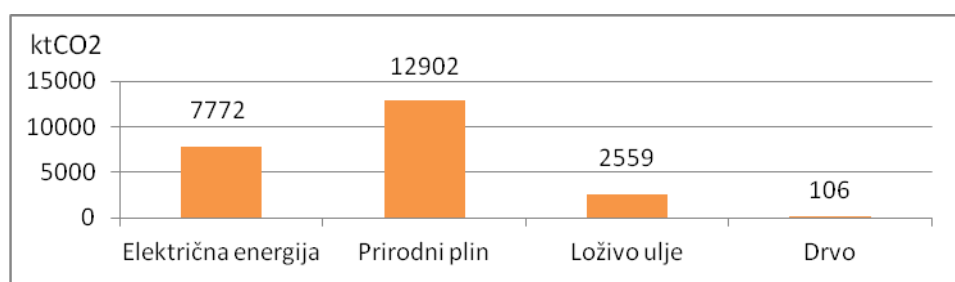
Godišnja potrošnja PTV – a prema tipu objekta u podsektoru M1 prikazana je u dijagramu 7, a godišnja potrošnja PTV – a prema tipu objekta u podsektoru M2 prikazan je u dijagramu 8.



Dijagram 8. PTV po tipu objekta u podsektoru M2

5.6 Rezultati izračuna referentnog inventara emisije CO₂

Prema metodi analize potrošnje energije opisanoj u poglavlju 2.3, dobiveni su podaci emisije CO₂ u kilotonima prikazani u dijagramu 9.



Dijagram 9. Emisije CO₂ prema izvorima energije u svim sektorima

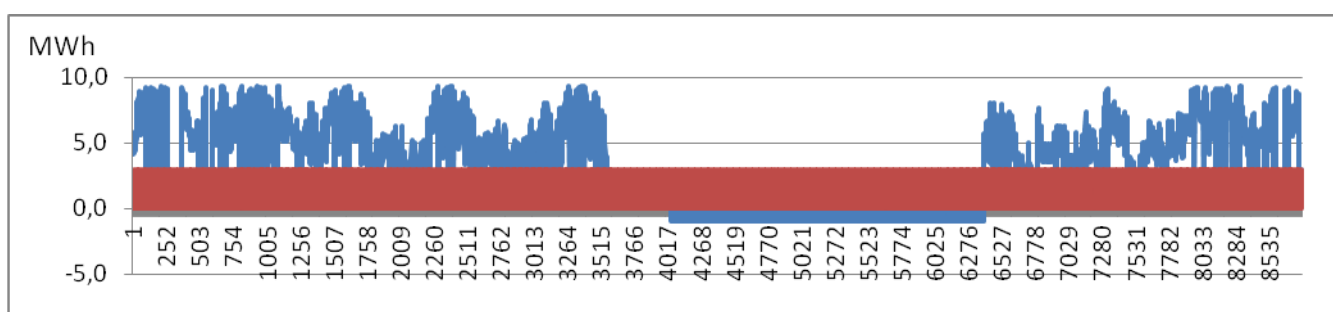
6. PRIKAZ SATNIH DISTRIBUCIJSKIH KRIVULJA

6.1 Satne distribucijske krivulje godišnje potrošnje toplinske energije

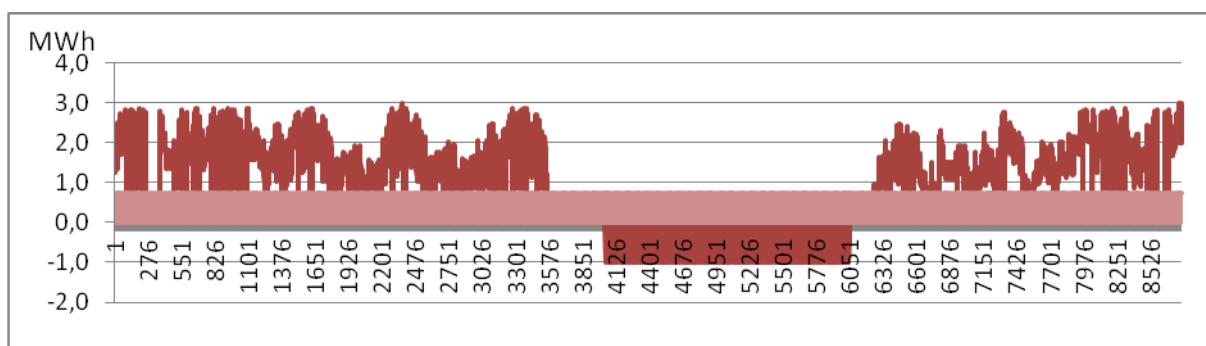
Prema opisu metode u poglavlju 3.1, dobivene su sveukupno tri krivulje potrošnje sa trenutnom potrošnjom vrste energenata. 1) krivulja za podsektor M1 i 2) krivulja za podsektor M2 čije krivulje pokazuju satnu potrošnju toplinske energije energenata prirodnog plina, loživog ulja, električne energije i drva. 3) krivulja je prikaz potrošnje toplinske energije dovedene iz toplane i obuhvaća sektore K1 i R1, točnije, objekte Zagrebački Velesajam, INA d.d i sportske hale Hipodrom.

Prema poglavlju 3.5, stupanj dan ($^{\circ}\text{C dan}$), iznosi $SD = 2\,292$.

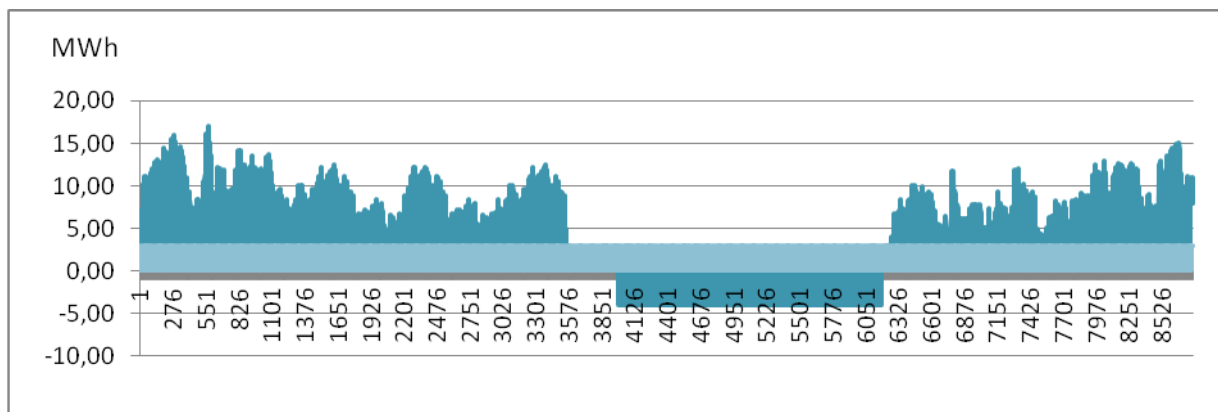
Satne krivulje godišnje potrošnje toplinske i električne energije za sektore M, K1 i R1 prikazane su u dijagramima 10, 11 i 12. Potrošnja energije za hlađenje je zastupljena od lipnja od rujna te je u dijagramu prikazana kao krivulja u periodu između 4 000 – 6 000 sata.



Dijagram 10. Krivulja potrošnje toplinske i električne energije za grijanje i hlađenje (plava), PTV(crvena), M1



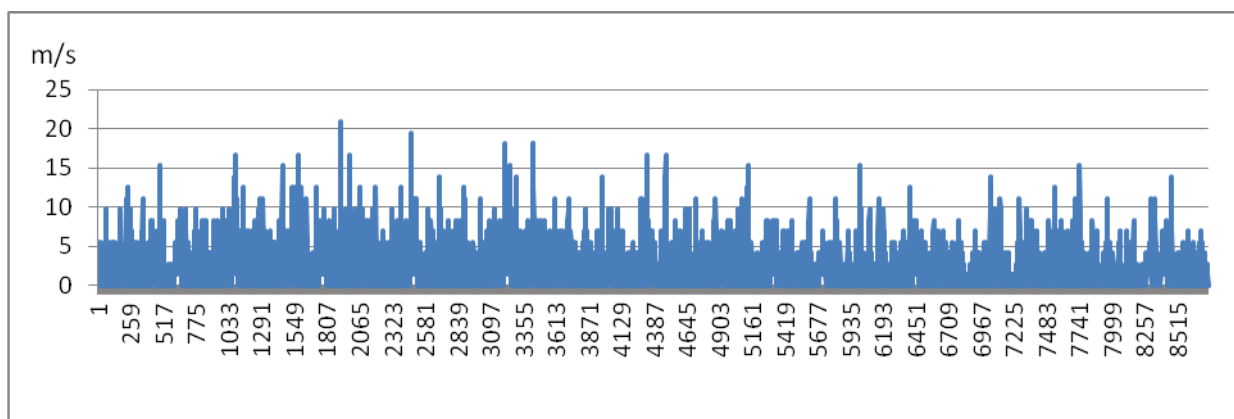
Dijagram 11. Krivulja potrošnje toplinske energije za grijanje i hlađenje (tamno), PTV (svjetlo), M2



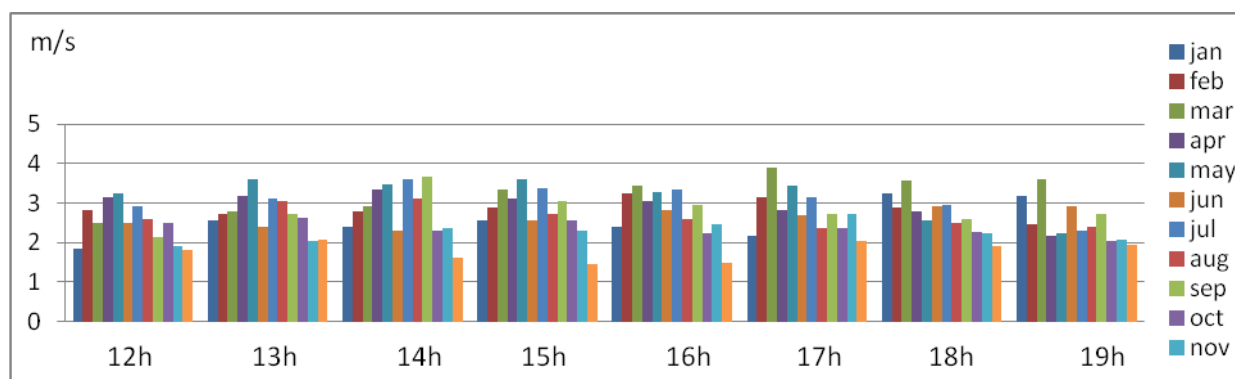
Dijagram 12. Krivulja potrošnje toplinske energije za grijanje i hlađenje (tamno), PTV (svjetlo), K1+R1

6.2 Satne distribucijske krivulje energije vjetra

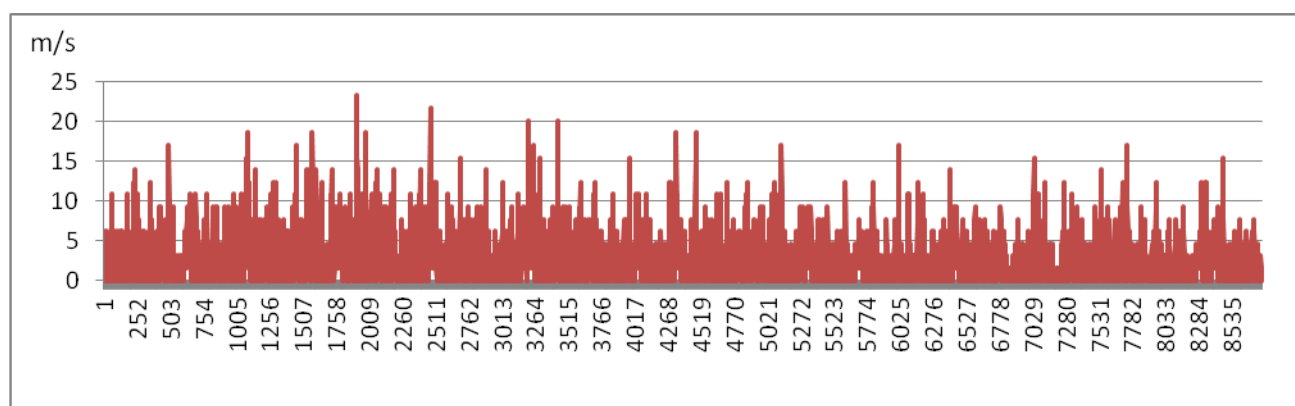
Prema opisu metode u poglavlju 3.2, dobivene su krivulje satne brzine vjetra u cijeloj godini. Iz dijagrama se može iščitati da su na ovoj lokaciji najjači udari vjetra tokom godine iznosa do maksimalno 20 – 25 m/s ovisno o hrapavosti površine. To znači da je područje stabilno i da se dalje mora usporediti potencijal brzine vjetra sa zadanim vjetroelektranama. U dijagramima 13, 15 i 17 su prikazane krivulje satne brzine vjetra u periodu od jedne godine. Dijagrami 14, 16 i 18 su prikaz krivulje satne brzine vjetra u dijelu dana najveće prosječne brzine vjetra.



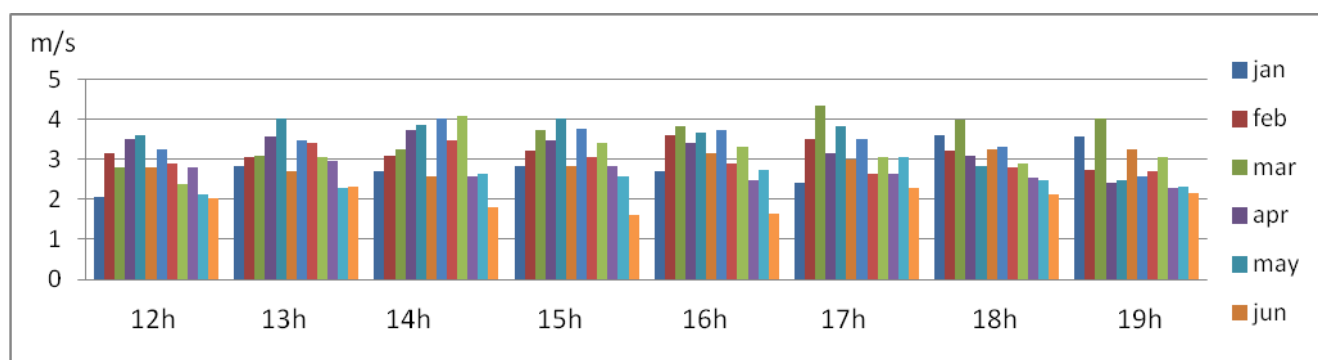
Dijagram 13. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine a)



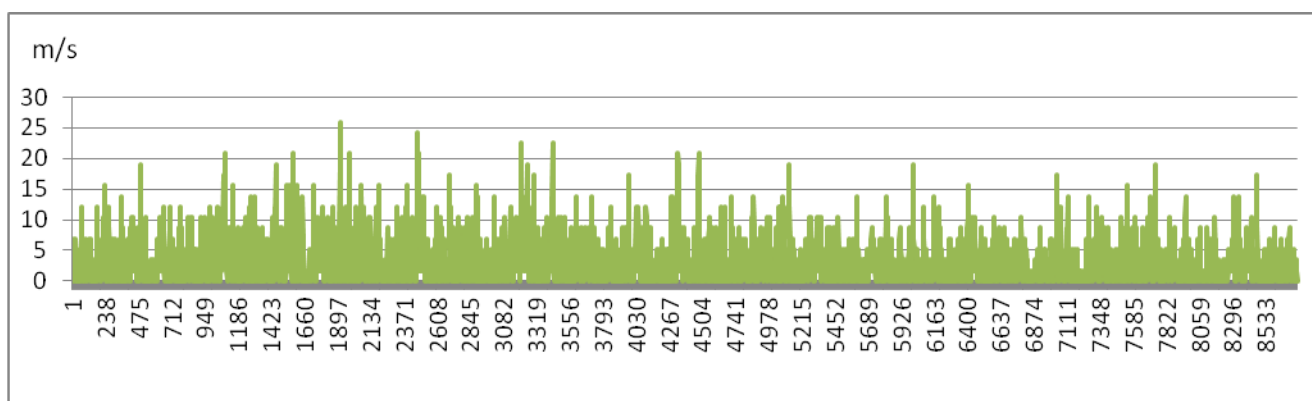
Dijagram 14. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine a)



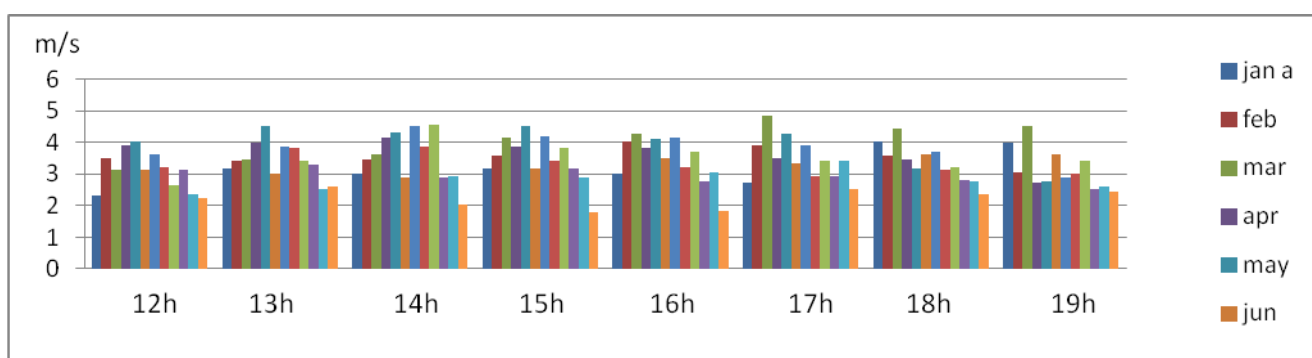
Dijagram 15. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine b)



Dijagram 16. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine b)



Dijagram 17. Brzina vjetra iznad hrapavosti površine c)



Dijagram 18. Dio dana najveće prosječne brzine vjetra iznad hrapavosti površine c)

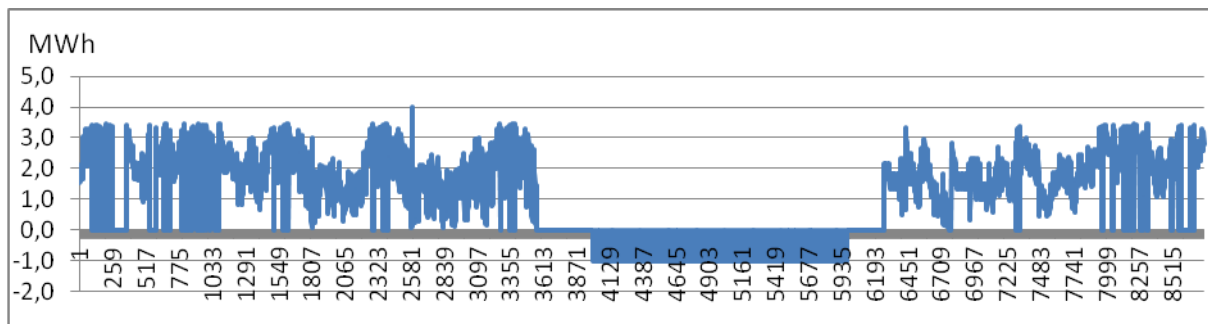
Dijagrami pokazuju da je prosječna brzina vjetra u granicama 2 – 4 m/s iznad sve tri vrste površine na visini 90m. Ispod te visine, brzina vjetra opada te ako već na toj visini brzina vjetra nema dovoljan iznos za proizvodnju električne energije, tada nije potreban daljnji proračun.

Uspoređujući izlazne podatke iz softwera HOMERPRO sa dobivenim dijagramima analiza pokazuje da brzina vjetra omogućuje proizvodnju električne energije, ali iz analize se zaključuje da izgradnja elektrana na vjetar u ovoj gradskoj četvrti nije isplativa iz razloga što je područje prenaseljeno.

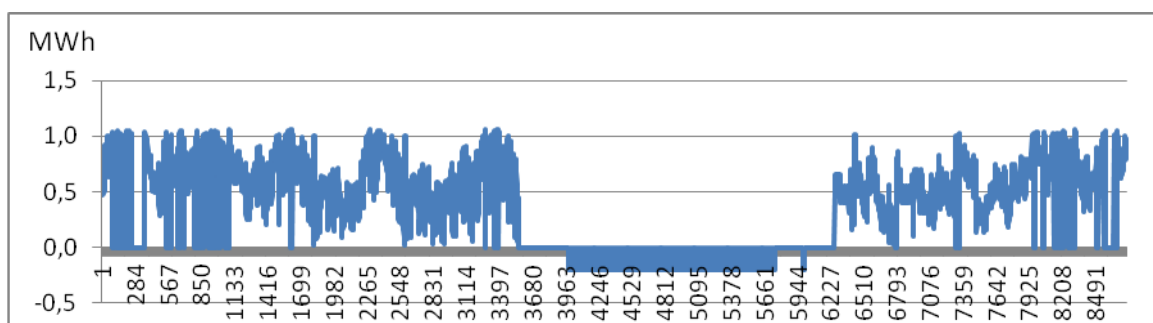
6.3 Satne distribucijske krivulje geotermalne energije

Dijagrami 19, 20 i 21 prikazuju godišnje satne proizvodnje topline dizalicom topline ili geotermalnom energijom. Vrsta ogrjevnog tijela i sektora ili podsektora su navedeni u opisu

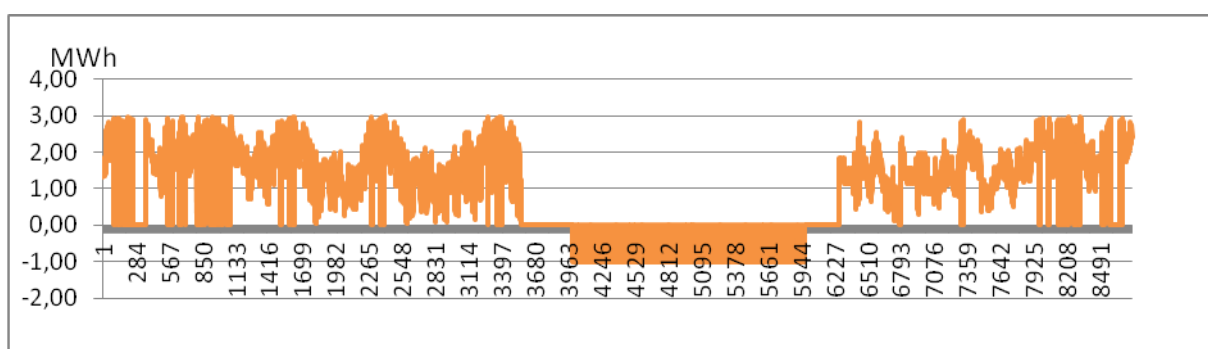
dijagrama. Potrošnja energije za hlađenje je zastupljena od lipnja od rujna te je u dijagramu prikazana kao krivulja u periodu između 4 000 – 6 000 sata.



Dijagram 19. Ukupna satna proizvodnja topline za grijanje i hlađenje dizalicom topline za podsektor M1



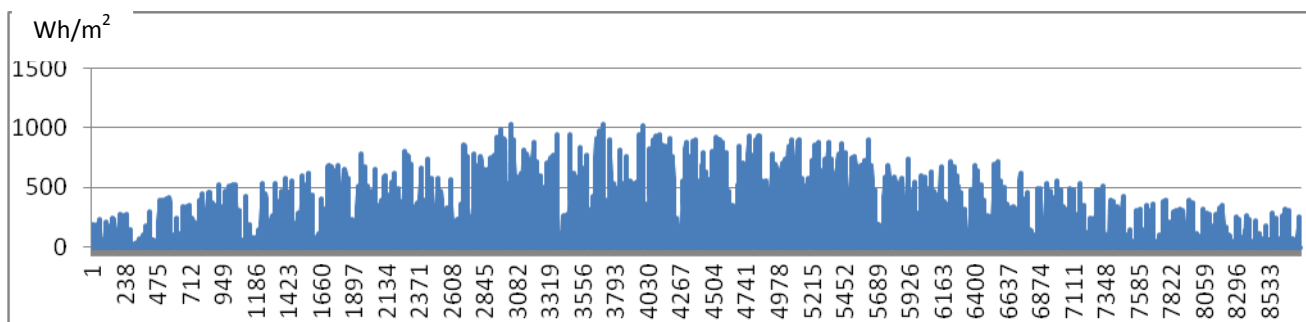
Dijagram 20. Ukupna satna proizvodnja topline za grijanje i hlađenje dizalicom topline za podsektor M2



Dijagram 21. Ukupna satna proizvodnja za grijanje toplinskom pumpom i hlađenje klimatizacijskim uređajima, sektori K1 + R1

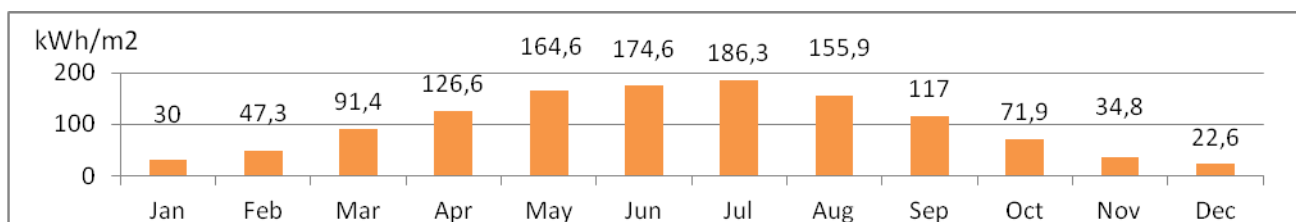
Krivulje proizvodnje toplinske energije pomoću geotermalne energije dobivene su metodom iz poglavlja 3.3. Izračunate krivulje opisuju proizvodnju topline dizalicom topline u sektoru M te proizvodnju topline geotermalnom toplanom za sektore K1 i R1.

6.4 Satne distribucijske krivulje solarne energije



Dijagram 22. Satna ozračenost ravne površine za referentnu godinu, Wh/m^2 [10]

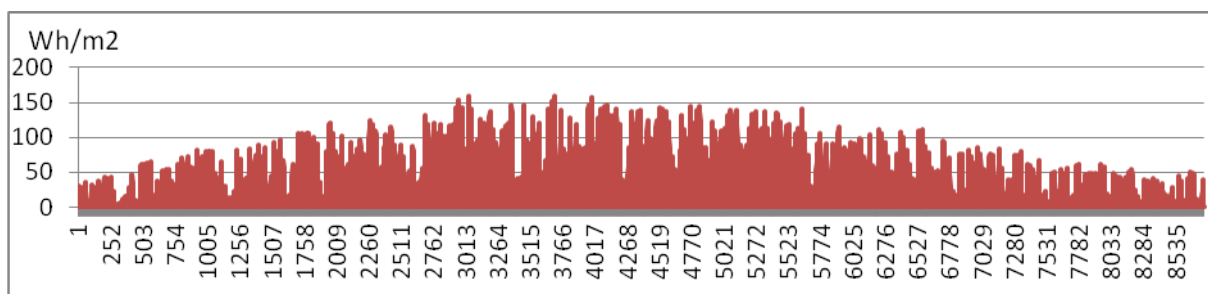
Dijagram 22 opisuje krivulju satne godišnje ozračenosti ravne površine po metru kvadratnom.



Dijagram 23. Ukupna ozračenost ravne površine u mjesecu, kWh/m^2 [22]

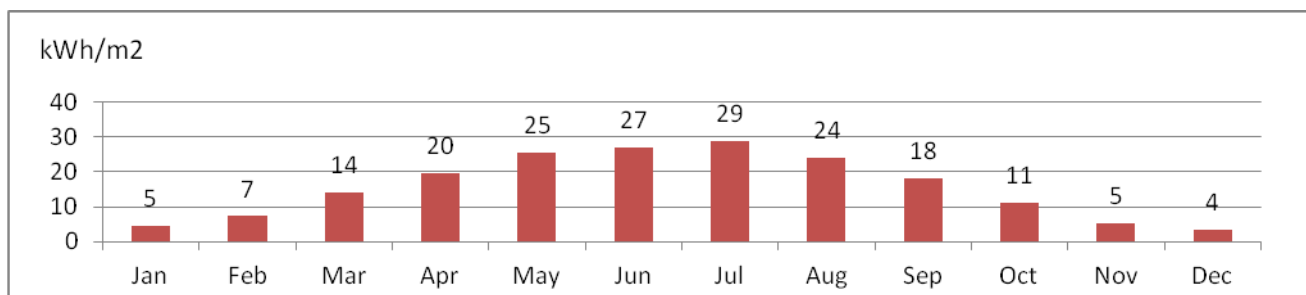
Ukupna ozračenost ravne površine u svakom mjesecu po metru kvadratnom je prikazana u dijagramu 23.

6.4.1 Satne distribucijske krivulje proizvodnje električne energije iz fotonaponskih sustava



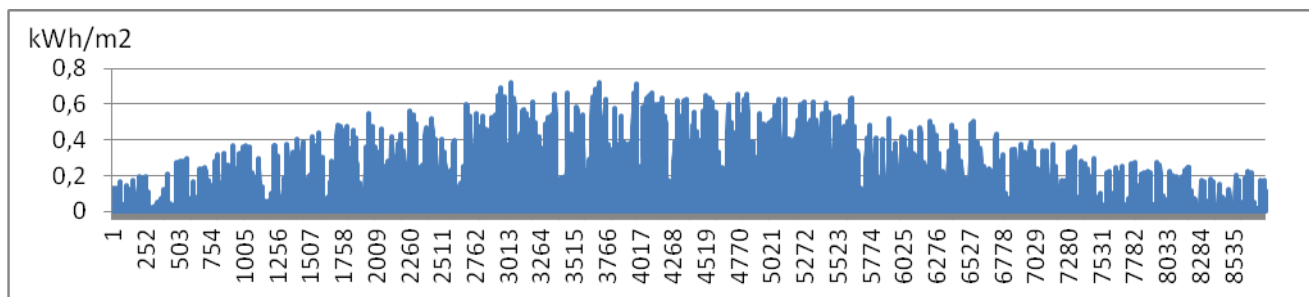
Dijagram 24. Satna proizvodnja električne energije na ravnoj površini u godini, Wh/m^2

U gornjem je prikazana moguća satna godišnja proizvodnja električne energije iz solarnih panela po metru kvadratnom na ravnoj površini, dok je dijagram 25 prikaz krivulje mjesečne moguće proizvodnje električne energije solarnim panelima po metru kvadratnom na površini pod kutem 30° .



Dijagram 25. Mjesečna proizvodnja električne energije na površini 30° , kWh/m²

6.4.2 Satna distribucijska krivulja proizvodnje toplinske energije



Dijagram 26. Satna proizvodnja toplinske energije na ravnoj površini u godini, kWh/m²

Dijagram 26 prikazuje moguću satnu godišnju proizvodnju toplinske energije iz solarnih kolektora po metru kvadratnom na ravnoj površini.

7. REZULTATI PRORAČUNA SCENARIJA

7.1 Scenarij 1

U ukupnu potrošnju toplinske energije ubrojena je i potrošnja toplinske energije PTV – e svih sektora. Ukupna izračunata potrošnja u Microsoft Excelu energije za grijanje i hlađenje iznosi 76,9 GWh/a. Zbog koeficijenata efikasnosti u modelu EnergyPLAN, ukupna potrošnja toplinske energije iznosi 82,48 GWh/a.

Ukupna izračunata potrošnja u Microsoft Excelu električne energije 34,1 GWh/a. Potrošnja električne energije sa svim koeficijentima efikasnosti u modelu EnergyPLAN sa vrijednošću potrošnje električne energije za grijanje objekata u sektorima M1 i M2 te iznosi 33,11 GWh/godišnje, dok s oduzetom vrijednošću iznosi 31,11 GWh/godišnje.

Scenarij1, unatoč već izračunatim podacima o trenutnoj potrošnji električne i toplinske energije te energenata u jednoj kalendarskoj godini, je bitan iz razloga što omogućuje precizniji pregled potrošnje. Slijedeći podaci potrebni za usporedbu, potrošnja energenata, dobiveni u Scenariju1 pomoću EnergyPLAN-a su prikazani u tablici 24.

Tablica 22. Podaci iz EnergyPLAN-a, Scenarij1

	K1, R1, GWh/a	M1, M2, GWh/a	ukupno, GWh/a	CO ₂ (kt)
prirodni plin	34,89	49,00	83,89	1,27
loživo ulje	-	10,00	10,00	2,66
drvo	-	3,70	3,70	17,22
ukupno	34,89	62,70	97,89	21,05

7.2 Scenarij 2

Mjere energetske učinkovitosti zahtjevaju tehnološki razvitak sustava grijanja cijelog kvarta te prebacivanje cijelog sustava sa neobnovljivih izvora energije na obnovljive izvore energije.

Provedenom analizom procijenjene su mogućnosti kako bi se cijeli kvart mogao opskrbljivati toplinskom energijom iz obnovljivih izvora energije.

Raspored svrstavanja sektora kvarta u kategorije „Individual Heating“ i „District Heating“ je isti kao i u prethodnom scenariju trenutne potrošnje energije. Pretpostavljena oprema za proizvodnju energije kategorizirana je prema vrsti energije koju proizvodi te prema vrsti izvora energije za koju je namijenjena.

U tablici je prikazana potrošnje toplinske energije za grijanje i energije za hlađenje nakon primjene mjera energetske učinkovitosti uvrštene kao ukupna potrošnja po sektorima.

Tablica 23. Potrošnja energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti, MWh/a

	potrošnja energije za grijanje i hlađenje	potrošnja električne energije
sektor 1	2.673 MWh/a	1.604 MWh/a
sektor 2	10.546 MWh/a	6.342 MWh/a
sektor 3	13.501 MWh/a	8.014 MWh/a

Ukupna izračunata potrošnja u Microsoft Excelu energije za grijanje i hlađenje iznosi 26,72 GWh/a. Zbog koeficijenata efikasnosti u modelu EnergyPLAN, ukupna potrošnja toplinske energije iznosi 29,45 GWh/a.

Ukupna izračunata potrošnja u Microsoft Excelu električne energije 15,96 GWh/a. Potrošnja električne energije sa svim koeficijenatima efikasnosti u modelu EnergyPLAN sa vrijednošću potrošnje električne energije za grijanje objekata u sektorima M1 i M2 te iznosi 14,11 GWh/godišnje, dok s oduzetom vrijednošću iznosi 13,5 GWh/godišnje.

Potrošnja energije za grijanje i hlađenje nakon primjene mjera energetske učinkovitosti se smanjila s 82,48 GWh/a na 29,45 GWh/a, što stvara uštedu od 53,03 GWh godišnje. Potrošnja električne energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti se smanjila s 31,11 GWh/a na 13,5 GWh/a, što stvara uštedu od 17,61 GWh godišnje.

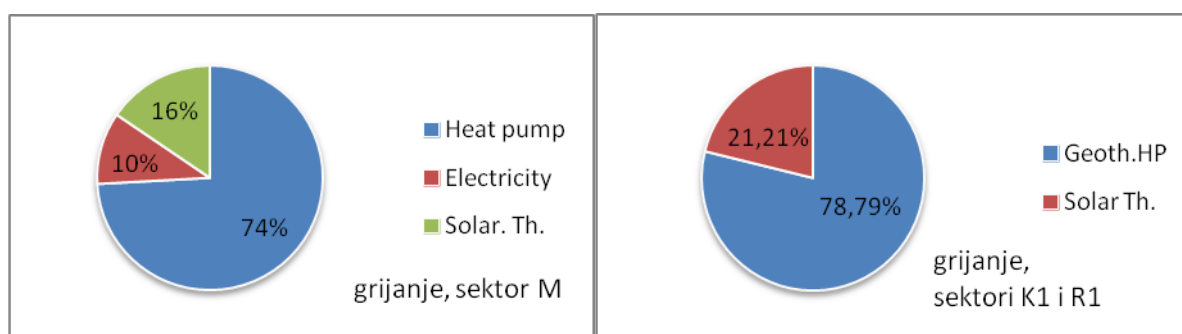
7.2.1 Proizvodnja i skladištenje energije, instalirani kapacitet opreme

Dizalice topline ukupno proizvode 21 GWh/a potrebne toplinske energije za grijanje sa ukupnim instaliranim kapacitetom od 16,2 MW izlazne snage koja zahtjeva 3,24 MW potrebne snage kompresora i pumpi. Sustav grijanja pogonjen električnom energijom proizvodi 1,35 GWh/a toplinske energije.

Solarni kolektori proizvode 2,16 GWh/a potrebne toplinske energije za sustav PTV-e sa kapacitetom od 3,5 GWh/a i skladištenjem topline kapaciteta jednakom dnevnoj potrošnji toplinske energije. Solarni kolektori prema EnergyPLAN – u, su u kombinaciji sa plinskim bojlerom.

Geotermalna toplana ukupno proizvodi 16,33 GWh/a potrebne toplinske energije za grijanje, sa ukupnim instaliranim kapacitetom od 14,73 MW izlazne snage koja zahtjeva 2,95 MW potrebne snage pumpi. Solarni kolektori proizvode 2,9 GWh/a potrebne toplinske energije za sustav PTV-e sa kapacitetom od 4 GWh/a i skladištenjem topline kapaciteta jednakom dnevnoj potrošnji toplinske energije.

Podaci proizvodnje toplinske energije za grijanje i energije za hlađenje navedeni u ovom poglavlju u GWh/godišnje su također prikazani u postocima u dijagramu 27. Kako je prikazano dijagramom, u ovom scenariju je prikazan sustav grijanja koji isključuje opskrbljivanje plinom. U sektoru M je isključen sustav plinskog bojlera, a u sektorima je isključen CTS sustav.



Dijagram 27. Prikaz vrsta sustava izvora toplinske energije za sustav grijanja i PTV, %

Lijevi dijagram prikazuje udio vrste grijanja sektora M, dok desni dijagram prikazuje udio grijanja sektora K1 i R1.

Ukupna instalirana snaga svih solarnih elektrana iznosi 29 MW te ukupno proizvodi 32 GWh/a električne energije. Ako bi se s proizvedenom električnom energijom pokrila potrošnja električne energije ne uključujući potrošnju električne energije toplinskih pumpi, u

mrežu bi se moglo predeati još 16 GWh/a preostale proizvedene električne energije. Ukupna instalirana snaga svih solarnih kolektora iznosi 6 MW te ne omogućuje skladištenje toplinske energije.

7.4 Scenarij 3

Analiziran je slučaj kada se sve potrebe za toplinskom energijom zadovolje iz centralnog toplinskog sustava grada Zagreba sa energetske obnovljenoj infrastrukturu objekata i sustava grijanja. Pretpostavka u ovom scenariju je da su osim sektora R1 i K1, sektori M1 i M2 spojeni na toplinski sustav grada Zagreba. Podatak koji se uvrštava u model EnergyPLAN isključuje „Individual Heating“ te se sva toplina uvrštava u „District Heating“. Za analizu je potrebno uvrstiti i cijenu toplinske energije koja je zadana u iznosu od 40 EUR/MWh.

Uz zadanu cijenu od 40 EUR/MWh, potreba za toplinskom energijom zadovoljena iz CTS grada Zagreba u iznosu od 29,45 GWh/a, iznosi 1.178.000 € godišnje. Troškovi po sektorima su prikazani u tablici 24.

Tablica 24. Trošak toplinske energije po zadanoj cijeni, €

Sektori	Trošak, €
M1 + M2	540.040
R1 + K1	637.960

Scenarij 4 analizira opciju prodaje električne energije u mrežu po tržišnim cijenama. Analiziran je slučaj proizvodnje električne energije Scenarija 2. Metoda kojom je izračunata godišnja prodaja električne energije opisana je u poglavlju 4.2.

Ukupan iznos koji se godišnje dobije predajom električne energije iznosi 1.315.990 €.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu provedeno je energetska planiranje gradske četvrti Kajzerica uz implementaciju obnovljivih izvora energije. Analiza potrošnje energije nakon primjene mjera energetske učinkovitosti te određivanje potrebnog instaliranog kapaciteta opreme za korištenje obnovljivih izvora energije omogućena je prethodnim opisivanjem trenutnog energetskeg stanja u prvom dijelu rada. Provedena je analiza trenutne potrošnje toplinske i električne energije kao i trenutna potrošnja energenata u svrhu kasnije usporedbe nakon provođenja energetskeg planiranja. EnergyPLAN model je alat koji je upotrijebljen za dobivanje finalnih rezultata te je korišten za dobivanje rezultata tri moguća scenarija sa trenutnim stanjem energetskeg sustava koji je u model unesen kao prvi scenarij.

Niskotemperaturni sustav grijanja, dizalica topline voda – voda i solarni kolektori kao glavna oprema za proizvodnju topline sa dogrijavanjem plinskim bojlerom te proizvodnja električne energije iz solarnih panela su pretpostavke za Scenarij 2. Provedenom analizom dobiveni su rezultati koji prikazuju moguću uštedu primjenom obnovljivih izvora energije. Energenti koji služe za opskrbljivanje objekata toplinskom energijom u scenariju 2 su u potpunosti zamjenjeni obnovljivim izvorima energije. Emisija CO₂ svedena je nanulu. Potrošnja energije za grijanje i hlađenje smanjena je sa 82,48 GWh/a na 29,45 GWh/a.

Potrošnja električne energije, smanjena je sa 33 na 13 GWh/a, a proizvodnja iznosi 29 GWh/a električne energije. U takvom scenariju je omogućeno skladištenje električne energije zbog pretpostavljenih.

Pretpostavka scenarija 4 je da se sve potrebe za toplinskom energijom zadovolje iz centraliziranog toplinskog sustava grada Zagreba uz pretpostavljenu cijenu toplinske energije od 40 EUR/MWh, što iznosi 1.178.000 € godišnje. Proizvedena električna energija u kvartu se predaje u mrežu po tržišnim cijenama i ukupna dobit iznosi 1.315.990 €. Ovaj scenarij izostavlja energetska planiranje sa obnovljivim izvorima energije.

Zaključno, u radu je kroz dva moguća scenarija prikazano kako se korištenjem tehnologija obnovljivih izvora energije može postići energetska nezavisnost i smanjenje emisija CO₂ te slučaj provođenja centraliziranog toplinskog sustava grijanja kroz cijeli kvart.

9. LITERATURA

- [1] <https://geoportal.zagreb.hr/>
- [2] Skupina autora, Akcijski plan energetske održivosti razvitka grada Zagreba, Zagreb 2013.
- [3] Vladimir Soldo; Dizalice topline, Prezentacija
- [4] hipodrom <http://www.sportskiobjekti.hr/default.aspx?id=97>
- [5] ina <http://www.ina.hr/default.aspx?id=8>
- [6] https://www.google.at/search?q=solarna+garaza&espv=2&biw=1598&bih=839&site=webhp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiEgKag7rnOAhVLiRoKHAEHafAQ_AUIBigB#imgsrc=CCGGgz1hCJS6VM%3A
- [7] kajzerica <http://darhiv.ffzg.unizg.hr/2131/1/Pejinovi%C4%87,%20Petra.pdf>
- [8] skola na kajzerici <http://vizkultura.hr/skola-i-vrtic-na-kajzerici/>
- [9] PowerLab; Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [10] Meteonorm; Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [11] Uputa za izradu satne krivulje
- [12] Igor Balen; Termotehnika; Skripta
- [13] <http://www.vjetroelektrane.com/energija-vjetrova-u-energetici>
- [14] https://hr.wikipedia.org/wiki/Energija_vjetrova
- [15] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana>
- [16] http://www.cadlab.fsb.hr/download/studentski_projekti/1247138215-diplomskiradingevinkovic.pdf
- [17] HOMER PRO
- [18] https://hr.wikipedia.org/wiki/Carnotov_ciklus#/media/File:CarnotCycle1.png
- [19] https://www.google.at/search?q=dizalica+topline+ljevokretni+kružni+proces&espv=2&biw=1598&bih=839&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi5rP2Un8bOAhXMXBoKHTrNCHQQ_AUIBigB#imgsrc=iPrbHbnOYiGJCM%3A
- [20] Marko Tkalec; Dizalice topline i njihova ekonomska isplativost
- [21] Ivana Kragulj; Geotermalna dizalica topline; Završni rad, Karlovac

- [22] SOLVIS d.o.o.
- [23] http://www.mgipu.hr/doc/EnergetskaUcinkovitost/FAKTORI_primarne_energije.pdf
- [24] Ante Žiher; Analiza utjecaja izgradnje fotonaponskih sustava na opterećenje elektroenergetskog sustava i cijena elektrine energije na otoku Korčuli; Završni rad
- [25] http://mojotok.info/dt_portfolio/energetska-ucinkovitost/
- [26] https://hr.wikipedia.org/wiki/Solarna_fotonaponska_energija
- [27] Fotonaponski sustavi; Izrada članka: REA Kvarner d.o.o., Naručitelj: IRENA- Istarska Regionalna Energetska Agencija, Andrej Čotar, dipl.ing. Darko Jardas, dipl. ing.
- [28] <http://www.centrometal.hr/wp-content/uploads/2012/05/SOLARNI-SUSTAVI-2013.pdf>
- [29] <http://mcsolar.hr/solar-proracun.swf>
- [30] file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/SOLARNI%20SUSTAVI%20U%20PRAKSI.pdf – solarni kolektori podaci
- [31] <http://seminarskirad.biz/seminarski/Geotermalna%20energija%20-%20seminarski.pdf>
- [32] https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_energy
- [33] Alojz Getliher, Siniša Horvat; Uporaba geotermalnih resursa na području grada Zagreba u cilju gospodarskog razvitka
- [34] EnergyPLAN, <http://www.energyplan.eu/training/introduction/>.
- [35] http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.cropex.hr/hr/trgovanje/rezultati-trgovanja.html&gws_rd=cr&ei=akncV4vOH6HA6ASUn6vACg
- [36] <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/428740.pdf>
- [37] <http://www.enu.sibensko-kninska-zupanija.hr/media%2F0023%2Fdoc%2F310.pdf>
- [38] <http://energetska-obnova.hr/>
- [39] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A93/datastream/PDF/view>